Saint-Laurent
Vision 2000

Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime

Volume 2 : Manuel du praticien de terrain

Canada

Québec

103-03892/

Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime

Volume 2 : Manuel du praticien de terrain

Direction de la Protection de l'environnement
Environnement Canada, Région du Québec
Montréal

Octobre 2002

AVIS AU LECTEUR

Les mentions de marque de commerce et de produits commerciaux qui apparaissent dans ce rapport ne signifient aucunement que leur utilisation est recommandée. Pour obtenir de plus amples informations sur le présent guide et les recommandations qu'il contient, veuillez vous adresser à :

Environnement Canada
Direction de la Protection de l'environnement
Section innovation technologique et secteurs industriels
105, rue McGill, 4^{e} étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Tél. : (514)283-9274

On devra citer la publication comme suit :
Environnement Canada (2002). *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Volume 2 : Manuel du praticien de terrain*. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport. 106 Pages.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
No de catalogue : En154-1/2002-2F
ISBN :0-662-87973-2

Remerciements

Le présent guide a été rédigé à partir d'un document préparée par Stéphane Lorrain de la compagnie Service d'études sédimentologiques, une division de Environnement Illimité inc. de Montréal (Québec). Nous tenons à remercier M. Lorrain dont l'expertise et la qualité du travail ont joué un rôle considérable dans l'élaboration de ce document.

La rédaction et la réalisation de ce guide était sous la direction scientifique de Julie Leduc et Michel Chevalier de la Direction de la Protection de l'environnement d'Environnement Canada. Tout au long de ce travail, ils ont bénéficié des conseils techniques d'une équipe ad hoc de suivi de projet composée de Serge Morissette et Mireille Blouin du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, de Yves Lavergne de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada et de Suzie Thibodeau de la Direction de la Protection de l'environnement d'Environnement Canada.

Nous tenons à remercier chaleureusement Serge Morissette pour ses nombreuses contributions dans le domaine des statistiques et tout particulièrement pour la rédaction de l'annexe C du présent guide (volume 1) sur le coût de l'incertitude en échantillonnage environnemental. Nous remercions également Caroll Bélanger et Alain Latreille de la Direction de la Protection de l'environnement d'Environnement Canada, Pierre Gagnon, Christian Gagnon, Isabelle Saulnier, Louis-Filip Richard et Jean-François Bibeault du Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada, Pierre Michon du ministère de l'Environnement du Québec, Yves Lavergne et Marc Desrosiers de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Pierre Rouleau de la Garde côtière canadienne, Marc Pelletier de Procéan Environnement inc. (division de SNC-Lavalin) et Jacques Bérubé de la firme Consultants JBL inc., pour leurs commentaires et suggestions. Nous exprimons notre gratitude à Monique Simond d'Environnement Canada qui a assuré la révision linguistique et la mise en page de ce guide ainsi qu'à Dianne Ouellet et Martine Bluteau d'Environnement Canada pour leur collaboration lors de la publication.

Nous remercions les membres du Groupe de travail sur la gestion intégrée du dragage et des sédiments, groupe créé en support au développement de la Stratégie de navigation durable sur le Saint-Laurent, pour la révision finale du guide et pour avoir accordé leur appui à son utilisation sur le Saint-Laurent.

Avant-propos

Ce document vise à aider les promoteurs et les gestionnaires de projets de dragage et de génie maritime à concevoir et réaliser des plans d'échantillonnage des sédiments qui répondent aux préoccupations en matière de caractérisation physico-chimique. Les directives sont accompagnées de considérations et de conseils permettant une utilisation efficiente de ce guide.

Le présent document est également un complément aux méthodes d'essais biologiques publiées par Environnement Canada qui traitent des essais de toxicité ou de bioaccumulation sur l'eau de porosité et les sédiments entiers. Les approches et modes d'opération normalisés proposés doivent être suivis si on veut assurer une normalisation des procédures de collecte des échantillons et de documentation des travaux de caractérisation. Cette façon de faire facilitera la réussite des travaux d'échantillonnage et l'acceptabilité des résultats.

L'utilisation de ce guide pour l'échantillonnage des sédiments dragués dans le Saint-Laurent est recommandée par Pêches et Océans Canada, Environnement Canada, Transports Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada ainsi que par le ministère de l'Environnement du Québec et la Société de la faune et des parcs du Québec.

Résumé

L'approche de caractérisation des sédiments dans le cadre des projets de dragage et de génie maritime a été revue et mise à jour dans un nouveau guide méthodologique présenté en deux volumes. Le premier volume, intitulé « *Directives de planification* », est destiné aux planificateurs de l'étude de caractérisation alors que le second, intitulé « *Manuel du praticien de terrain* », est destiné aux équipes techniques chargées des travaux d'échantillonnage. L'utilisation du guide méthodologique est recommandée pour assurer une normalisation des procédures de collecte des échantillons et de documentation des travaux de caractérisation des sédiments.

Le manuel de terrain, qui comprend huit (8) chapitres, vise essentiellement les aspects de l'échantillonnage et de la préparation des échantillons de sédiments et d'eau de porosité sur le terrain. Dans l'introduction, on présente l'à-propos de ce guide ainsi que le contexte dans lequel il a été élaboré afin de définir les contraintes entourant la réalisation d'études de caractérisation dans un cadre normalisé. Les trois chapitres suivants traitent de la campagne d'échantillonnage, du contrôle de la qualité sur le terrain et de la santé et sécurité sur le terrain. Le cinquième chapitre vise les méthodes d'échantillonnage, incluant les procédures générales de terrain et les méthodes de positionnement, et le sixième, la manipulation des échantillons. Les deux derniers chapitres ont trait aux mesures et observation de terrain ainsi qu'aux modes de conservation des échantillons.

Abstract

The approach used to characterize sediments in dredging and marine engineering projects has been revised and updated in a new two-volume methods manual. The first volume, *Planning Guidelines*, is intended for planners of characterization studies, while the second volume, *Field Operations Manual*, is addressed to the technical teams carrying out the actual sampling work. The use of this guide is recommended to ensure the standardization of sample collection procedures and the documentation of sediment characterization work.

This volume deals mainly with field-related aspects of sampling and the preparation of sediment and pore water samples. It is divided into eight chapters. The introduction describes the relevance of the guide and the context in which it was written in order to define the requirements involved in carrying out characterization studies in a standardized framework. The next three chapters deal with conducting a sampling campaign and quality control and health and safety in the field. The fifth chapter describes sampling methods, including general field procedures and positioning methods, while the sixth deals with handling samples. The last two chapters address field observations and measurements and sample preservation methods.

Table des matières

REMERCIEMENTS		iii
AVANT-PROPOS		iv
RÉSUMÉ		v
ABSTRACT		vi
LISTE DES FIGURES		ix
LISTE DES TABLEAUX		x
GLOSSAIRE		xi
1	INTRODUCTION	1
2	CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE	2
2.1	Objectifs	2
2.2	Plan d'échantillonnage	2
2.3	Types d'échantillon	2
2.4	Effort d'échantillonnage	3
2.5	Paramètres d'analyse	4
3	CONTRÔLE DE LA QUALITÉ SUR LE TERRAIN	5
4	SANTÉ ET SÉCURITÉ SUR LE TERRAIN	6
5	MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE	7
5.1	Échantillonnage de sédiments	7
5.1.1	Carottiers	9
5.1.2	Bennes	16
5.1.3	Critères d'acceptabilité des échantillons	24
5.2	Extraction de l'eau de porosité	26
5.2.1	Contraintes	26
5.2.2	Méthode d'extraction de l'eau de porosité	27
5.3	Procédures générales de terrain	37
5.4	Méthodes de positionnement	38
5.4.1	Positionnement par DGPS	39
5.4.2	Méthodes alternatives	40
6	MANIPULATION DES ÉCHANTILLONS	41
6.1	Sédiments	41
6.1.1	Recommandations générales	41
6.1.2	Récupération des prélèvements par carottiers	41
6.1.3	Récupération des prélèvements par bennes	44
6.2	Eau de porosité	46
7	MESURES ET OBSERVATIONS DE TERRAIN	47
7.1	Description des échantillons	47
7.2	Mesures des caractéristiques physico-chimiques	49
7.2.1	Mesure du Eh	49
7.2.2	Mesure du pH	49

8	**MODES DE CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS**	50
8.1	Sédiments	50
8.1.1	Manutention des échantillons et transport	50
8.1.2	Conservation des échantillons	50
8.1.3	Nettoyage des récipients	51
8.1.4	Lavage du matériel d'échantillonnage	51
8.2	Eau de porosité	52
8.2.1	Manutention des échantillons et transport	52
8.2.2	Conservation des échantillons	52
8.2.3	Nettoyage des récipients	52
8.2.4	Lavage du matériel d'échantillonnage	53
Références		54
AnnexeA	Les carottiers	67
	A.1 Paramètres de forme des carottiers	67
	A.2 Type de carottiers	73
Annexe B	Les bennes	76
Annexe C	Procédures générales de terrain	77
Annexe D	Description des échantillons	78
	D.1 Mesures et observations de terrain	78
	D.2 Formulaire de renseignements — Données exigées sur les prélèvements de sédiments	79
	D.3 Description des échantillons	80
	D.4 Mesures du pH et du Eh sur le terrain	86
Annexe E	Conservation des échantillons	87

Liste des figures

Figure 5.1	Choix d'un échantillonneur	19
Figure 5.2	Conditions d'acceptabilité d'un échantillon de sédiments prélevé par benne dans le cadre d'une étude de caractérisation	25
Figure 5.3	Représentation schématique des différents systèmes d'extraction de l'eau de porosité	29

Figures en annexes

Figure A.1	Paramètres de formes importants pour les carottiers à tube ouvert et à piston	70
Figure A.2	Types de mécanismes de fermeture de carottiers (a) et d'encapsulation (b) de la carotte pour réduire la friction interne	71
Figure A.3	Importance de la réduction des carottes (a) en fonction du diamètre du tube de carottage (b) et de la vitesse de pénétration (c). Artéfacts d'échantillonnage provoqués par la friction interne du tube (entraînement) et par aspiration d'un bouchon provoquée par un piston mal ajusté (d)	72
Figure A.4	Carottiers à piston et modes de fonctionnement général	73
Figure A.5	Carottiers à gravité ouverts et modes de fonctionnement général	74
Figure A.6	Carottiers à vibration et modes de fonctionnement général	75
Figure B.1	Bennes recommandées : a) Ekman, b) Ponar, c) van Veen, d) Shipek, e) Smith-McIntyre et f) US BM-54	76
Figure D.1	Chartes de comparaison des pourcentages de couverture.	83
Figure D.2	Évaluation qualitative de l'indice de tri.	84
Figure D.3	Comparateur de la granulométrie	84
Figure D.4	Forme et arrondi des particules grossières.	85

Liste des tableaux

Tableau 5.1	Caractéristiques idéales pour la sélection d'un échantillonneur de sédiments	8
Tableau 5.2	Spécifications des différents types de benne	20
Tableau 5.3	Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction de l'eau de porosité	30
Tableau 5.4	Principaux types de dialyseurs	32
Tableau 5.5	Différentes techniques utilisées pour l'aspiration directe de l'eau de porosité	33
Tableau 5.6	Caractéristiques des différentes techniques d'extraction de l'eau de porosité par pressage	36

Tableaux en annexes

Tableau C.1	Liste de vérification des procédures d'opération normalisées (PON)	77
Tableau D.1	Classification granulométrique des sédiments	80
Tableau D.2	Catégorisation par le contenu en eau	80
Tableau D.3	Catégorisation selon la consistance	80
Tableau D.4	Critères descriptifs de la structure	81
Tableau D.5	Critères descriptifs de la réaction à l'acide HCl	81
Tableau D.6	Fiche typique de description des carottes	82
Tableau E.1	Volume et modes de conservation suggérés pour l'analyse physico-chimique des échantillons de sédiments	87
Tableau E.2	Volumes et modes de conservation suggérés pour les essais biologiques des échantillons de sédiments	89
Tableau E.3	Recommandations pour le traitement préalable du matériel d'échantillonnage et des récipients destinés à recevoir les échantillons de sédiments	90
Tableau E.4	Types de récipients et conditions recommandés pour l'entreposage des échantillons d'eau de porosité	91
Tableau E.5	Recommandations pour le traitement préalable du matériel d'échantillonnage et des récipients destinés à recevoir les échantillons d'eau de porosité	93

Glossaire

Aliquot : Quantité de matériau homogène, prélevée pour fins d'analyse, avec une erreur d'échantillonnage supposée négligeable. Ce terme s'applique généralement aux fluides.

Amers remarquables : Points de repère sur la rive ou à la surface de l'eau permettant de préciser la position des stations d'échantillonnages.

Artéfact : Caractéristique indésirable (p.ex., modification chimique ou physique) décelable dans un substrat et due à des phénomènes qui s'y sont déroulés ou à la manipulation du substrat.

AVS : Acide volatile sulfuré. Forme chimique des métaux traces présente dans l'eau de porosité où les éléments traces sont liés au soufre, ne participant pas ainsi à la toxicité globale de l'échantillon.

Bennes : Type d'échantillonneur à mâchoires permettant de recueillir un échantillon superficiel des sédiments et généralement de grand volume.

Blanc de terrain : Échantillon d'eau distillée et déionisée que l'on expose sur le terrain à toutes les phases de l'échantillonnage de manière à déceler une possible contamination lors des opérations. Le blanc de terrain peut aussi constituer l'eau de rinçage de l'échantillonneur pour identifier une contamination possible de ce dernier.

Boîte à gants : Récipient étanche dont l'espace intérieur, en atmosphère contrôlée, est accessible à l'aide de gants fixés intra-muros à la boîte

CAB : Acétate de cellulose butyrate. Matériel plastique transparent servant à fabriquer les enveloppes internes de certains carottiers.

Caractérisation physico-chimique : Suite d'analyses physiques et chimiques permettant d'identifier les propriétés des sédiments.

Carottier : Type d'échantillonneur permettant de recueillir une carotte de sédiments afin de décrire les propriétés des sédiments sur une épaisseur donnée.

CEC : Capacité d'échange cationique. Mesure du potentiel d'adsorption cationique des sédiments, visant particulièrement les minéraux des argiles ayant un rapport de surface élevé.

Contaminant : Agent, substance ou matière indésirable présente dans les sédiments ou dans l'eau

Contamination croisée : La contamination croisée survient lorsqu'un échantillon provenant d'une station peu ou pas contaminée vient en contact avec un échantillon d'une station plus contaminée. Un nettoyage efficace des différents instruments d'échantillonnage permet de réduire les risque de contamination croisée.

Eau de porosité *(Syn : d'eau interstitielle)* : Eau occupant l'espace entre les particules de sédiments. Cette eau peut être extraite directement sur le terrain ou en laboratoire.

Échantillon : Partie représentative d'un ensemble plus grand (p. ex., sédiments, eau de porosité) que l'on étudie pour mieux connaître les caractéristiques de cet ensemble et pour en déduire les propriétés. Se dit aussi d'un sous-ensemble d'une population (p.ex., le benthos).

Échantillon composite : Échantillon composé de sédiments provenant de différents emplacements, en respectant l'égalité des proportions, qui sont par la suite homogénéisés afin d'intégrer la variabilité intra-site.

Échantillon ponctuel : Échantillon obtenu d'une seule station d'échantillonnage, mais pouvant réunir plusieurs coups de benne, par exemple.

Échantillon fantôme : Échantillon identifié de telle sorte que le laboratoire ne peut en déterminer l'origine. Ce type d'échantillon accompagne un échantillon provenant du même site et sert, dans le cadre du programme de contrôle de la qualité des analyses, à vérifier la reproductibilité des résultats.

Échantillon réplicat : En parlant de sédiments, se dit de chacun des échantillons de réserve ou supplémentaire prélevés à une même station d'échantillonnage pour les besoins du contrôle de la qualité analytique. Ce réplicat peut-être un réplicat de terrain qui provient d'un échantillonnage répété et indépendant à l'intérieur d'une station ou un pseudo-réplicat qui provient d'un fractionnement en au moins deux parties distinctes (sous-échantillon) d'un même échantillon.

Eh (Potentiel redox ou d'oxydo-réduction) : Mesure, en volts, de la valeur du pouvoir oxydant d'un milieu.

Élutriat : Solution aqueuse obtenue après addition d'eau à une substance solide ou à un matériel meuble (p. ex., sédiments, boues de forage, matières draguées) par brassage du mélange puis par centrifugation, filtration ou décantation du surnageant.

Essai écotoxicologique : Série de tests servant à évaluer le degré de toxicité des sédiments ou de l'eau interstitielle à l'aide d'un substrat biologique (bactérie, organismes plus ou moins évolués, etc.).

GPS (Global positioning system) : Système de positionnement global par satellite. Système de positionnement instantané utilisant une constellation de satellites. La précision et la reproductibilité du positionnement peuvent être améliorées en utilisant une correction différentielle.

HDPE (High density polyethylene) : Polyéthylène haute densité. Matière plastique relativement inerte servant à la fabrication des récipients et ustensiles de sous-échantillonnage.

LEXAN : Matière plastique constituée de polycarbonate.

Procédure d'opération normalisée (PON) : Protocole servant à décrire en détail les étapes relatives à une activité, par exemple l'échantillonnage des sédiments à l'aide d'un échantillonneur donné. Ce protocole permet de s'assurer que s'il est suivi, que les activités d'échantillonnage seront réalisées de la même manière à toutes les stations et que l'information qui sera colligée sera homogène.

PTFE : Matière plastique faite de polytétrafluoroéthylène. Il s'agit d'une substance relativement inerte dont les propriétés s'apparentent au Téflon®.

Sédiments cohésifs : Sédiments démontrant une certaine cohésion grâce au lien existant entre les particules. Les propriétés de cohésion sont généralement observées dans les sédiments dont la fraction granulométrique contient plus de 15 % d'argile.

SEN : Seuil d'effets néfastes. Troisième niveau des critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent.

Site de référence : Site d'échantillonnage des sédiments servant à fournir un matériel sédimentaire ayant les mêmes propriétés physico-chimiques que le site de caractérisation, à l'exception de la contamination. Le matériel sédimentaire de référence sert à valider la réponse des bioessais.

Sous-échantillon : Partie représentative d'un échantillon que l'on étudie afin de mieux connaître les caractéristiques de l'échantillon et d'en déduire les propriétés.

Spatule électro-osmotique : Spatule servant au sous-échantillonnage d'une carotte et utilisant le passage d'un faible courant électrique entre la spatule et une tige insérée dans la carotte pour faciliter la division de celle-ci en deux.

Station d'échantillonnage : Endroit où l'on prélève les échantillons sur le lieu de l'étude.

Strate du plan d'échantillonnage : Sous-zone d'un plan d'échantillonnage où les caractéristiques du milieu et/ou des sédiments sont homogènes et différentes des strates adjacentes. La stratification du plan d'échantillonnage est utilisée pour optimiser la répartition des stations sur la grille d'échantillonnage afin de maximiser la valeur informative des échantillons.

Téflon® : Matière plastique dérivée du fluor et de l'éthylène et très résistante aux agents chimiques.

1 Introduction

Les études de caractérisation visent à fournir des réponses aux préoccupations des intervenants en matière de protection de l'intégrité et de la santé des écosystèmes aquatiques. À cette fin, différentes méthodes de prélèvement des échantillons de sédiments et d'eau de porosité peuvent être utilisées en vue d'une caractérisation physico-chimique, de mesures de la bioaccumulation ou d'une évaluation écotoxicologique. Les différentes activités reliées à ces études sont cependant susceptibles d'influer sur les propriétés physico-chimiques des sédiments et, par conséquent, sur les résultats d'analyses. L'élaboration de procédures d'opération normalisées (PON) favorisera toutefois la production de résultats comparables, même lorsqu'ils proviennent de diverses campagnes de cueillette d'information sur les sédiments.

L'objectif du guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent dans le contexte des projets de dragage et de génie maritime est de fournir des lignes directrices afin de s'assurer, dans le cadre d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité, que les méthodes d'échantillonnage et de manipulation des échantillons soient normalisées, reproductibles et efficaces.

L'information technique présentée dans ce document respecte généralement les étapes rencontrées lors de la réalisation d'une campagne d'échantillonnage sur le terrain. Par contre, l'exécution d'un échantillonnage s'insère dans un cadre plus global de planification d'un projet de caractérisation incluant d'autres aspects, tels les volets analytiques, de traitement et d'interprétation des résultats ainsi que l'élaboration des modes de gestion des sédiments potentiellement contaminés.

2 Campagne d'échantillonnage

2.1 OBJECTIFS

Le but de toute campagne d'échantillonnage des sédiments étant de maximiser la valeur informative des échantillons recueillis, il est important que ceux-ci soient représentatifs. Il faut donc prendre soin de décrire adéquatement les caractéristiques de l'échantillon et les conditions d'échantillonnage et d'évaluer la performance des échantillonneurs pour s'assurer que les objectifs de qualité des données fixés pour le projet sont rencontrés. Les méthodes et directives techniques présentées ci-après sont actuellement considérées comme les plus appropriées pour les projets de dragage et de génie maritime entrepris sur le Saint-Laurent et touchent divers aspects d'une campagne d'échantillonnage.

2.2 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Le nombre et l'emplacement des stations d'échantillonnage des sédiments sont définis dans le plan d'échantillonnage spécifique au projet. Ce plan aura été préparé en fonction de l'objectif du projet et de différents facteurs qui sont présentés dans le volume 1 (Directives de planification) du *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime*. Son application doit être systématique mais doit aussi permettre une certaine souplesse afin d'adapter l'approche d'échantillonnage aux conditions du milieu.

2.3 TYPES D'ÉCHANTILLON

Selon les objectifs du plan de l'étude, deux types d'échantillons peuvent être recueillis à chaque station :

- échantillon ponctuel;
- échantillon composite.

L'*échantillon ponctuel* provient d'une seule station d'échantillonnage, mais peut être obtenu grâce à un ou plusieurs coups de benne. Dans ce cas, l'embarcation peut être légèrement déplacée pour s'assurer que les envois successifs n'échantillonnent pas le matériel remanié par les envois précédents. L'*échantillon composite* diffère puisqu'il se

compose de sédiments provenant de différents emplacements, en respectant l'égalité des proportions. Les sédiments sont par la suite homogénéisés afin d'intégrer la variabilité intra-site. Les prélèvements peuvent provenir de collectes à l'intérieur d'une station qui occupe une superficie donnée ou de différentes stations que l'on veut intégrer à l'intérieur d'une strate donnée du plan d'échantillonnage. Dans ce cas, l'embarcation doit être déplacée d'une station à l'autre et la position des différents points de collecte des sédiments qui seront intégrés doit être notée.

2.4 EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE

Lors de l'échantillonnage à une station, il peut être utile de prélever un échantillon de réserve ou un échantillon supplémentaire pour les besoins du contrôle de qualité analytique. Les réplicats analytiques peuvent être de deux types :

- le *réplicat de terrain* qui provient de l'échantillon de réserve ou supplémentaire et qui est indépendant à l'intérieur d'une station;
- le *pseudo-réplicat* qui provient du fractionnement en au moins deux parties distinctes (sous-échantillons) du même échantillon.

Dans le premier cas, les résultats présenteront les variations dues aux techniques d'échantillonnage et au fractionnement des échantillons, mais aussi à l'hétérogénéité des sédiments au sein de la station d'échantillonnage.

Les pseudo-réplicats servent à vérifier la variance associée aux manipulations d'homogénéisation et d'analyses. Ce type de réplicat ne peut pas être utilisé pour vérifier la variabilité intra-site des propriétés des sédiments.

Afin de déterminer le niveau d'homogénéité (ou d'hétérogénéité) des propriétés des sédiments à l'intérieur d'une station ou d'une strate donnée (variabilité intra-site et inter-site), il faudra comparer les résultats provenant de réplicats, c'est-à-dire d'échantillons qui auront subi toutes les étapes d'échantillonnage et de sous-échantillonnage pour une station donnée. En déterminant la variabilité intra-site et inter-site, l'utilisateur peut définir un intervalle de variation des concentrations pour chaque strate et pour l'ensemble de la zone d'étude. Au moins une station par strate devra faire l'objet d'un échantillonnage de réplicats. Trois réplicats au minimum et préférablement cinq devront être recueillis et chacun d'eux devra faire l'objet d'une homogénéisation séparée. L'embarcation devra être légèrement

déplacée entre le prélèvement de chaque réplicat pour éviter d'échantillonner les sédiments perturbés à l'intérieur de la station.

Un niveau de contamination supérieur au seuil d'effets mineurs (SEM) demande également un échantillonnage supplémentaire en prévision d'essais écotoxicologiques. Dans ce cas, des contraintes différentes de collecte et de manipulation des échantillons s'appliquent par rapport au type d'échantillonneur, au volume de matériel requis, aux procédures de manipulation et de sous-échantillonnage, aux mesures et observations connexes à prendre lors de l'échantillonnage, etc. Le prélèvement d'échantillons à un ou plusieurs sites de référence est aussi nécessaire. Les caractéristiques écologiques de ces sites devront être aussi proches que possible de celles de la zone de dragage. La validation de l'emplacement de ces sites se fera sur le terrain, généralement à partir de la description de la nature des échantillons récoltés. De façon générale, on favorisera des sites à proximité du lieu d'étude mais relativement à l'abri de l'influence des sources de contamination. L'échantillonnage des sites de référence doit toujours se faire avant celui des stations de la zone de dragage pour limiter les risques de contamination croisée.

2.5 PARAMÈTRES D'ANALYSE

L'identification des paramètres à analyser est un élément essentiel à la planification d'une campagne d'échantillonnage. En raison du coût important des analyses chimiques, il faut faire un choix judicieux des paramètres à analyser dans chacun des cas. Les tableaux E.1, E.2 et E.4 (annexe E) présentent les principaux paramètres analytiques pour les sédiments et l'eau de porosité. Certains documents tels les « critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent » (1992) et le « Guide méthodologique de caractérisation des sédiments » (1992) fournissent également des indications quant aux paramètres à analyser ou aux méthodes d'analyse.

3 Contrôle de la qualité sur le terrain

L'envergure du programme de contrôle de qualité dépend de l'importance et des objectifs de qualité des données du programme d'échantillonnage. Cette section décrit les types d'échantillons de contrôle fréquemment utilisés, tels les témoins (de transport, de terrain et de lavage) et les duplicata de terrain. Selon l'envergure de la campagne d'échantillonnage, des éléments de contrôle additionnels visant des objectifs spécifiques pourront également aider à compléter l'interprétation des résultats.

Le *témoin de transport* permet de contrôler la contamination des récipients ou des échantillons qui pourrait survenir en cours de transport. Il s'agit d'un échantillon liquide (eau) ou solide (sable ou sédiments non contaminés) qui accompagne les échantillons pendant le transport.

Le *témoin de terrain* permet de contrôler la contamination qui pourrait survenir lors de l'échantillonnage. Le récipient est ouvert sur le terrain pendant l'échantillonnage et pendant les étapes d'homogénéisation.

Le *témoin de lavage* est utilisé pour évaluer l'efficacité des procédures de lavage des équipements. Quand il est requis, ce témoin est prélevé au début d'une campagne d'échantillonnage, lors d'un changement de personnel ou lorsqu'on a des doutes sur la contamination de l'équipement.

La contamination d'un de ces témoins peut indiquer que tous les échantillons sont contaminés.

Le *duplicata de terrain* (ou triplicata ou plus) est un échantillon prélevé en double sur le terrain dans un but de contrôle et d'assurance de la qualité. Il permet d'établir la réplicabilité (si analysé dans le même laboratoire) ou la reproductibilité (si analysé dans deux laboratoires différents) des travaux d'échantillonnage. Le duplicata doit donc être le plus représentatif possible de l'échantillon original et les échantillons dupliqués doivent être expédiés au laboratoire sous deux identifications différentes. Toutefois, la contamination étant rarement répartie de façon homogène dans le cas des solides, le prélèvement en double sur le terrain peut conduire à l'obtention de résultats très différents et à des conclusions peu fiables. Dans ce cas, il est préférable de définir un duplicata de terrain comme étant deux sous-échantillons provenant d'un seul échantillon homogénéisé, qu'il soit ponctuel ou composé.

4 Santé et sécurité sur le terrain

Les procédures de santé et sécurité liées aux activités de terrain sortant du cadre de ce guide, seule une brève description en est donnée, notamment en ce qui concerne la contamination des sédiments. Pour plus de précisions, on suggère de consulter le *Guide de sécurité pour les inspecteurs* d'Environnement Canada (1995).

L'équipe de terrain doit, d'une part, avoir l'expérience nécessaire pour juger des conditions de travail et, d'autre part, être familière avec l'utilisation des embarcations, des engins de levage et des échantillonneurs utilisés.

L'élaboration de procédures d'opération normalisées (PON) devrait aussi inclure un volet Santé et sécurité visant les aspects généraux du travail en milieu aquatique (sécurité nautique, équipement de sécurité et de survie personnel, mesures d'urgence, système de communication, instruments de navigation, etc.) et certains aspects du travail de terrain en général (premiers soins, manipulation des échantillonneurs, utilisation des réactifs). Une liste de contacts et les numéros de téléphone d'urgence devrait notamment être établie.

La manipulation d'échantillons potentiellement contaminés requiert l'application de certaines règles relatives à la santé :

- Les personnes impliquées dans la manipulation doivent porter des gants de protection. Les gants enduits de poudre (p. ex., les gants en latex de type chirurgical) sont proscrits pour ne pas contaminer les échantillons.
- Lors de la description des échantillons, l'identification des odeurs doit être faite avec précaution car certains sédiments peuvent générer de fortes odeurs ou dégager des substances volatiles.
- Certains contaminants pouvant causer des irritations cutanées, il est préférable de porter des lunettes de protection et des vêtements protecteurs en cas d'éclaboussures des sédiments.
- La manipulation des produits chimiques sur le terrain (solvants, acides) requiert une identification adéquate des récipients et bouteilles.
- Les produits chimiques utilisés doivent être jetés dans des récipients appropriés et convenablement identifiés. Une entente avec le laboratoire devrait inclure la gestion des produits chimiques et déchets contaminés.
- Le laboratoire doit être averti de la présence soupçonnée de fortes teneurs en contaminants dans les sédiments.

Les acides et solvants usés doivent également être transportés hors du site pour être éliminés conformément aux règlements, aux lignes directrices ou aux arrêtés municipaux en vigueur. Les récipients servant à ces produits devront être entreposés selon les normes de sécurité. Un protocole d'intervention en cas de déversement devrait aussi être établi.

5 Méthodes d'échantillonnage

5.1 ÉCHANTILLONNAGE DE SÉDIMENTS

Deux principaux types d'échantillonneurs conviennent aux études de caractérisation des sédiments dans le contexte d'un projet de dragage : les bennes et les carottiers. Leurs caractéristiques générales et le contexte dans lequel ils doivent être utilisés sont décrits dans les sections 5.1.1 et 5.2.2. Le choix de l'échantillonneur doit par ailleurs se faire en considérant plusieurs facteurs :

- Équipement de levage requis
  Le type d'engins de levage requis peut être une contrainte importante par rapport au type d'embarcation utilisée, à l'expérience de l'équipe de terrain dans la manipulation des engins de levage et aux coûts engendrés.
- Contraintes physiques
  Les contraintes physiques qui peuvent limiter l'utilisation d'un type d'échantillonneur incluent la profondeur, les courants, les vagues et les caractéristiques des sédiments.
- Profondeur de pénétration
  La profondeur de pénétration de certains échantillonneurs peut être contrôlée (p. ex., vibro-carottier, forage) alors que pour d'autres types d'échantillonneurs, elle sera déterminée par la nature et la consolidation des sédiments.
- Récupération
  Le taux de récupération d'un échantillon est déterminé par la quantité de matériel présent dans l'échantillonneur. S'il est plein, le taux de récupération est de 100 %. Une récupération médiocre indique un mauvais fonctionnement de l'échantillonneur, une perte lors de la récupération ou simplement que l'échantillonneur n'est pas adapté au type de sédiments.
- Intégrité de l'échantillon
  L'intégrité d'un échantillon est un aspect important à considérer, surtout dans le cas d'une récupération faible. Si l'échantillonneur n'est pas fermé complètement, un lessivage de la fraction fine peut se produire durant la remontée, introduisant ainsi un biais dans l'échantillon.
- Fabrication de l'échantillonneur
  Les matériaux de fabrication de l'échantillonneur doivent être considérés afin d'éviter toute possibilité de contamination de l'échantillon. Ainsi, des sédiments prélevés pour une analyse des métaux ne doivent pas entrer en contact avec des matériaux métalliques. De la même façon, les sédiments prélevés à des fins d'analyses des substances organiques doivent être exempts de tout contact avec des matières plastiques. Certains échantillonneurs pourront cependant être utilisés si on y incorpore un revêtement en Téflon® ou s'ils sont construits en acier inoxydable. Un contrôle de qualité et une approche de sous-

échantillonnage adéquate permettent également de minimiser les risques de contamination.

- Volume de l'échantillon

  Le volume requis est fonction du type et du nombre d'analyses.

L'échantillonneur est également choisi en fonction de l'objectif de l'étude (échantillonnage superficiel ou sur l'épaisseur visée par le dragage ou les deux) et de l'information disponible sur la nature des sédiments à prélever. Il peut d'ailleurs s'avérer nécessaire de combiner différents types d'échantillonneurs si la nature des sédiments varie. Les caractéristiques d'un échantillonneur idéal sont présentées au tableau 5.1

Tableau 5.1
Caractéristiques idéales pour la sélection d'un échantillonneur de sédiments

- Permettre la libre circulation de l'eau au cours de la descente, pour éviter d'engendrer une onde de pression
- Être muni d'une lame ayant un tranchant effilé et formant un angle étroit, et posséder une surface intérieure lisse et des parois minces pour perturber le moins possible les sédiments
- Se fermer hermétiquement pour la remontée
- Permettre le sous-échantillonnage
- Avoir un poids réglable pour la pénétration de différents substrats
- Pouvoir ramener un volume de sédiments suffisant pour satisfaire les besoins des analyses
- Prélever de façon efficace et constante des sédiments à diverses profondeurs dans l'eau
- Prélever de façon efficace et constante des sédiments aux profondeurs d'échantillonnage voulues
- Ne pas contaminer les sédiments ni en altérer la nature
- Exiger le moins possible d'équipement auxiliaire
- Avoir un fonctionnement facile et sûr et ne pas exiger une longue formation du personnel
- Se transporter facilement et être facile à monter sur place

(Environnement Canada, 1994)

Généralement, le carottier est utilisé pour échantillonner sur toute l'épaisseur à draguer ou à une profondeur supérieure à celle prévue pour le dragage. Cela permet de s'assurer de ne pas exposer des sédiments dont le niveau de contamination est supérieur à celui des matériaux sus-jacents ou de caractériser les sédiments qui seront exposés en cas de dragage plus profond que prévu.

L'utilisation de la benne s'avère cependant une approche adéquate si l'échantillonnage est superficiel, si les propriétés des sédiments sont homogènes (taux

d'accumulation important, remaniement par les courants, les bateaux, etc.), ou si l'on procède à un dragage d'entretien récurrent. L'utilisation des différents types de benne est également facile et permet de générer de grands volumes d'échantillons plus rapidement, ce qui peut s'avérer utile pour répondre aux besoins des essais écotoxicologiques. Par contre, l'échantillon provenant d'une benne est en général perturbé de manière plus ou moins prononcée (Baudo, 1990; USEPA-USACE, 1998). Dans la mesure où les objectifs de qualité des données demandent une certaine intégrité de l'échantillon, l'utilisation du carottier est à favoriser (ASTM, 1997; Mudroch et Azcue, 1995). En présence de nombreux débris naturels ou anthropiques pouvant affecter la performance des bennes à mâchoires, les carottiers sont également préférables.

5.1.1 Carottiers

5.1.1.1 Contexte d'utilisation

Il existe plusieurs modèles de carottiers qui ont des principes de fonctionnement différents et qui sont adaptés à différents types de sédiments ou à la profondeur de pénétration recherchée (ASTM, 1997; USACE, 1996; Mudroch et Azcue, 1995). La description détaillée des différents types de carottiers en usage est présentée dans plusieurs manuels de référence (Mudroch et Azcue, 1995; Mudroch et MacKnigth, 1991; ASTM, 1997; Sly, 1969; USACE, 1996).

Sur le fleuve Saint-Laurent, la plupart des projets de dragage sont limités à des épaisseurs restreintes de l'ordre du mètre. Les techniques présentées ici permettent généralement de recueillir des échantillons jusqu'à des profondeurs de 3 m à 5 m, selon la nature des sédiments. Si une pénétration supérieure est requise, des techniques de forage devront être envisagées (USACE, 1996).

5.1.1.2 Contraintes

Les principales contraintes associées à l'utilisation d'un carottier pour l'échantillonnage de sédiments incluent (Blomqvist, 1985, 1991; ; Parker, 1991; Leonard, 1990; Baudo, 1990; Chant et Cornett, 1991; Parker et Sills, 1990; Mudroch et Azcue, 1995) :

- la perte de la couche superficielle au moment de la pénétration causée par la mauvaise évacuation de l'eau à l'intérieur du carottier ou l'augmentation de la pression à la tête de l'échantillonneur, en particulier lors de chute libre à grande vitesse;

- la remise en suspension des sédiments superficiels à l'intérieur de l'échantillonneur occasionnée par l'utilisation d'un piston ou par les secousses soumises à l'échantillonneur;
- la réduction de la longueur de la carotte causée par la friction interne ou par l'usage d'un carottier de diamètre insuffisant en fonction de la nature des sédiments et de la profondeur recherchée;
- la pénétration successive du carottier provoquée par le mouvement de l'embarcation ou par la forte succion des sédiments lors de la récupération;
- la contamination des horizons inférieurs causée par la friction interne qui entraîne les sédiments périphériques à l'intérieur du carottier;
- la perte de matériel dans le bas de la carotte au moment de la récupération causée par l'absence de système de retenue, par une récupération trop rapide ou un mauvais fonctionnement de la valve supérieure.

Les dimensions de la tête de carottage, du corps du carottier et du tube à échantillon (tube interne) sont des facteurs importants à considérer dans le choix des carottiers afin d'obtenir des échantillons de qualité. Les différents paramètres à considérer incluent :

- l'angle de coupe;
- le diamètre du carottier;
- le rapport de surface (volume déplacé par le carottier par rapport au volume échantillonné);
- le rapport de friction interne;
- le rapport de friction externe;
- la longueur du tube du carottier.

Ces paramètres sont décrits à la section A.1 de l'annexe A et représentés à la figure A.1.

a) Nature et surface du tube de carottiers. Les tubes doivent être construits de matériaux chimiquement inertes tels que :

- acier inoxydable;
- aluminium;
- verre (enveloppe interne uniquement);
- polytétrafluoroéthylène (PTFE, Téflon®);
- polyéthylène haute densité (HDPE);
- acétate de cellulose butyrate (CAB);
- polycarbonate (LEXAN).

Les tubes en polychlorure de vinyle sont par ailleurs proscrits à cause du relargage de phtalates et de métaux traces (Burton, 1992; USEPA, 1994; USEPA/USACE, 1998; USACE, 1996). Les tubes en butyrate (CAB) sont couramment utilisés mais ne sont pas

recommandés pour l'entreposage des sédiments à long terme; le matériel est légèrement poreux et laisse échapper l'humidité de l'échantillon. Les tubes neufs en matière plastique doivent par ailleurs être mis à tremper dans l'eau pendant une certaine période afin d'être conditionnés.

Idéalement, les surfaces en contact avec les sédiments doivent être lisses et sans aspérités afin de réduire la friction interne. À cause du processus de fabrication, certains tubes de matière plastique montrent toutefois une surface interne rainurée qui peut rendre le sous-échantillonnage difficile puisque des grains de sable se coincent entre la paroi du tube et le piston servant à extruder la carotte. Certains tubes de large diamètre (10 cm et plus) peuvent cependant montrer une surface relativement lisse lorsqu'ils sont de haute qualité mais leur coût implique généralement leur réutilisation.

b) Récupération de l'échantillon. Les divers facteurs qui affecteront l'échantillonneur occasionneront principalement une faible récupération d'échantillon. Il est donc important que l'échantillonneur permette l'évacuation de la pression hydrostatique excessive qui peut se former dans le haut du tube lors de la descente et de la pénétration et qui peut éjecter l'échantillon en partie ou totalement.

La succion dans la partie inférieure du carottier lors de la récupération est un autre facteur important qui peut être contrecarré en utilisant un piston qui crée un vide interne, facilitant ainsi la pénétration. Plusieurs modèles de carottiers peuvent aussi être équipés d'un système de fermeture dans la partie inférieure du tube (annexe A, figure A.2).

La résistance au cisaillement des sédiments doit finalement être surmontée afin de libérer l'échantillon de la surface échantillonnée. Diverses techniques peuvent être utilisées :

- donner un mouvement de rotation à l'échantillonneur de un (1) ou deux (2) tours pour cisailler les sédiments (éviter la rotation de l'échantillonneur lors de l'insertion afin de limiter la remobilisation des sédiments);
- laisser l'échantillonneur reposer quelques minutes pour que les sédiments prennent de l'expansion et adhèrent aux parois;
- utiliser un système d'encapsulation (« core catcher ») (annexe A, figure A.2).

L'utilisation d'une valve de fermeture et d'un système d'encapsultation peut cependant entraîner le remaniement des sédiments en limitant l'évacuation de la pression hydrostatique interne et en remaniant les sédiments superficiels lors de l'ouverture du système de retenue.

5.1.1.3 Types de carottiers

Selon leur mécanisme de fonctionnement, les carottiers peuvent généralement être regroupés en trois grandes catégories (certains carottiers peuvent être modifiés en fonction des conditions hydrodynamiques rencontrées et de la granulométrie des sédiments en présence) :

- Carottiers manuels/mécaniques
  - manipulés par plongeurs
  - manipulés par tige (à piston)
- Carottiers à gravité
  - ouverts
  - à piston par câble
- Carottiers à vibration

Des procédures d'opération normalisées (PON) devront être préparées avant les opérations de terrain afin d'utiliser les échantillonneurs en toute sécurité et d'en maximiser les performances[1].

a) Carottiers manipulés par plongeurs. Cette approche comporte de nombreux avantages, dont une meilleure qualité d'échantillonnage pour les carottes de moins de 2 m (annexe A, figure A.3) grâce au contrôle des conditions de pénétration (Wright, 1980; Blomqvist, 1985, 1990; USACE, 1996) ainsi qu'une évaluation *in situ* du rapport et des conditions de pénétration du carottier. Les plongeurs peuvent également décrire la nature des sédiments et les conditions du milieu, tant durant la phase de reconnaissance que durant la phase d'échantillonnage. Les plongées doivent cependant être réalisées dans un cadre strict d'application des normes relatives à la plongée scientifique. L'utilisation d'un carottier manipulé par des plongeurs est de plus limitée à une profondeur inférieure à approximativement 30 m compte tenu des limites de non-décompression et du temps requis pour effectuer la collecte.

Les tubes sont en général de petit diamètre (approx. 5 cm) et courts (< 1 m). Des tubes plus grands, allant jusqu'à 12 cm de diamètre et 1,8 m de longueur, ont toutefois été utilisés avec succès dans les sédiments du Saint-Laurent. Ces tubes sont insérés manuellement en utilisant, au besoin, un marteau spécialement adapté. Le tube est ensuite fermé par un bouchon dont l'étanchéité est contrôlée par un joint torique réglable par le

[1] Des exemples de PON sont présentés dans ASTM (1997), Mawhinney et Bisutti (1981), USEPA/USACE (1998), Wisconsin Department of Natural Resourses (1998), Mudroch et MacKnight (1991), Mudroch et Azcue (1995), Wright (1980, 1991) et Blomqvist (1985, 1990).

plongeur. Celui-ci insère également un second bouchon étanche à la base du carottier lorsqu'il est sorti des sédiments, limitant ainsi la perte de matériel. Une pince de levage attachée au carottier est utilisée pour le remonter à la surface à l'aide d'un treuil installé sur l'embarcation.

Un autre type de carottier manipulé par plongeur, le carottier OCEI (Ocean Construction Equipment Inventory; USACE 1996), est parfois utilisé pour récupérer des échantillons de 3,8 cm de diamètre par 76 cm de longueur. Ce carottier inclut un piston interne et un marteau pour maximiser la pénétration.

b) Carottiers manipulés par tige (à piston). Ces carottiers sont utilisés à partir d'une plate-forme de travail fixe (barge, embarcation). On les enfonce dans les sédiments à l'aide d'une tige rigide qui permet de contrôler l'utilisation du piston par l'intermédiaire d'un câble ou d'une autre tige passant à l'intérieur de la tige principale. Certains modèles utilisent aussi de l'eau sous pression pour enfoncer le carottier (p.ex., modèle Osterberg). L'utilisation des tiges limite toutefois la profondeur de carottage à moins de 10 m (Wright, 1980, 1991). Il faudra peut-être utiliser une enveloppe externe pour que le carottier puisse pénétrer successivement au même endroit en utilisant des rallonges et en échantillonnant de manière cumulative (annexe A, figure A.4).

Lors de l'échantillonnage, le carottier est descendu jusqu'à la surface des sédiments puis est enfoncé en poussant sur la tige ou en utilisant un marteau. Lorsque le carottier est remonté à la surface, un bouchon doit être inséré à la base avant que le tube ne soit sorti de l'eau, la pression hydrostatique limitant la perte de matériel. Les différents modèles de carottier manipulés par tige incluent l'échantillonneur Butter, Osterberg (US Dept. of Interior, 1974), Swedish foil (Pickering, 1965), Lowe-Acker à piston stationnaire (USEPA/USACE,1998), McClelland (Winterkorn et Fang, 1975) et Livingston (Livingston, 1955) ou des variantes de ces modèles. L'utilisation de ces carottiers est recommandée pour des sédiments cohésifs (boue, argile) mais est à proscrire pour l'échantillonnage de sédiments sableux. Par ailleurs, l'utilisation de ce type d'échantillonneur requiert un certain niveau d'expérience et une évaluation précise de la profondeur d'eau afin de maintenir le piston juste au-dessus des sédiments.

c) Carottiers à gravité ouverts. On retrouve actuellement plusieurs modèles de carottier à gravité ouvert (annexe A, figure A.5) qui fonctionnent sur le même principe. À la base du carottier se trouve une tête de carottage biseautée qui peut inclure un système de

retenue des sédiments (p. ex., coquille) et dont l'utilisation est facultative. La partie supérieure du tube du carottier est munie d'un système de fermeture par valve qui évacue l'eau sous la pression hydrostatique lors de la pénétration et qui se ferme hermétiquement à la remontée. L'opération de la valve peut être automatique ou actionnée par un ressort. Ce type de carottier, généralement lesté lourdement, nécessite un système de levage (treuil/potence).

Quoique le carottier à gravité ouvert soit simple d'utilisation et facilement disponible, son emploi présente plusieurs désavantages, dont une faible profondeur de pénétration, des artéfacts d'échantillonnage selon le type de sédiments, la repénétration[2] de l'échantillonneur et un manque de contrôle sur les conditions de pénétration. Il est d'ailleurs recommandé d'augmenter le lest plutôt que la hauteur de chute libre, car plus celle-ci est grande, plus l'angle de pénétration du carottier risque d'être accentué.

Ce type de carottier fonctionne également mal dans les sédiments sableux qui ont tendance à dissiper l'énergie cinétique de l'échantillonneur, avec comme conséquence une pénétration déficiente.

Le carottier à gravité ouvert est donc principalement recommandé pour la reconnaissance.

d) Carottiers à gravité à piston. Les carottiers à gravité à piston fonctionnent sur le même principe que les carottiers manipulés par tige, à l'exception du mode de pénétration. L'échantillonneur doit être descendu lentement jusqu'à ce qu'un mécanisme de déclenchement libère, au contact du fond, le carottier qui pénètre les sédiments après une courte chute libre qui devra être limitée à moins de 3 m (ASTM, 1997). La longueur du câble de déclenchement doit être préétablie afin que le piston s'arrête juste au-dessus de l'interface avec les sédiments. Généralement, l'espace devrait être de 30 à 60 cm (USACE, 1996). La longueur du câble de déclenchement est mesurée selon la formule suivante (USACE, 1996) :

$$L_t = V_t + L_c + F_c - (l_t - d_t)$$

où L_t = longueur du câble de déclenchement
V_t = trajet vertical du déclencheur
L_c = longueur totale du carottier
F_c = distance de chute libre du carottier

[2] La repénétration est observée principalement en eau profonde lors de la récupération et parfois en eau peu profonde lorsque l'embarcation roule et tangue.

l_t = longueur totale du poids déclencheur
d_t = profondeur de pénétration du poids déclencheur dans les sédiments.

Les différents modèles permettent de récolter des carottes de 6 à 10 cm de diamètre et de 3 à 15 m de longueur selon le type de sédiments.

Le poids du carottier pouvant atteindre 500 kg, son utilisation requiert un engin de levage adéquat qui permettra un dégagement suffisant en considérant la hauteur totale du carottier et du câble de déclenchement. Une fois hors de l'eau, le système de fermeture à la base du carottier devra être coupé et le tube scellé. L'enveloppe intérieure peut ensuite être retirée de l'échantillonneur. Si nécessaire, le tube peut être coupé en sections égales ou en longueur correspondant à l'intervalle de sous-échantillonnage. Les sections seront alors scellées aux extrémités et les tubes pourront être utilisés pour la conservation des sous-échantillons une fois ceux-ci décrits et clairement identifiés.

Un des problèmes rencontrés lors de l'utilisation de ce type de carottier survient lorsque la pénétration est incomplète, si bien que le piston ne s'enfonce pas entièrement dans le carottier. Au moment de la remontée, la traction sur le câble de levage entraîne le piston jusqu'à son niveau maximal, ce qui provoque une aspiration des sédiments par le bas du carottier jusqu'à ce que celui-ci commence sa remontée. Ce problème peut cependant être évité avec l'utilisation d'un piston à deux parties (« split piston »).

Un autre problème associé à l'utilisation de ce type d'échantillonneur est le mouvement brusque du piston durant la phase de pénétration provoqué par le mouvement de l'embarcation ou par le brusque relâchement de la tension du câble lors de la chute libre. Actuellement, aucune méthode reconnue ne permet de corriger ce problème (USACE, 1996).

e) Carottier à vibration. Le carottier à vibration (annexe A, figure A.6) utilise une vibration haute fréquence pour déplacer un mince anneau de sédiments dans l'espace interstitiel et réduire la friction sur le tube de carottage. Le poids du carottier est alors suffisant pour assurer la pénétration jusqu'à des profondeurs allant de 2 m à 6 m selon le type de sédiments et la force centrifuge du moteur.

On retrouve deux grands types de carottier à vibration :

- Dans le système autonome (p. ex., Rossfelder, Prych-Hubbell[3]), le moteur est installé sur la partie supérieure du tube de carottage et est mû par l'électricité, l'air comprimé ou par la pression hydraulique. Le support du carottier est descendu sous l'eau à l'aide d'un câble (Rossfelder corporation, 1999). Selon les modèles, un second câble peut être utilisé pour descendre et remonter le carottier à l'intérieur du support (annexe A, figure A.6). Généralement, la longueur des sections de tubes disponible est d'environ 6 m, ce qui est amplement suffisant pour la plupart des projets de dragage sur le Saint-Laurent.
- Dans le système opéré de la surface (p. ex., MetaDrill), le vibromoteur est supporté par une structure verticale située sur la barge ou l'embarcation (annexe A, figure A.6). Le moteur est descendu par vibration et/ou par la force d'un treuil qui sert à remonter le carottier une fois l'échantillonnage terminé. Selon la hauteur d'eau, un train de tige permettra de descendre le tube de carottier jusqu'aux sédiments. L'avantage de ce système est que la longueur de la carotte peut être augmentée en ajoutant des sections de tube supplémentaires.

Le diamètre des tubes de carottage est habituellement de 6 à 10 cm. Certains systèmes permettent cependant d'utiliser des adaptateurs pour des tubes de plus grand diamètre (12 à 15 cm).

Les carottiers à vibration étant particulièrement dispendieux, différents groupes ont développé des systèmes à l'air comprimé ou des moteurs à vibration électro-mécanique disponibles commercialement. La USEPA a d'ailleurs développé un carottier autour d'un vibrateur électro-mécanique Wackerreg M3000 fixé sur un tube en aluminium, qui pèse moins de 20 kg au total et qui permet de récupérer des carottes mesurant jusqu'à 2 m de longueur. Les plans d'un carottier à vibration fonctionnant à l'air comprimé sont aussi disponibles (Fuller et Meisburger, 1982; Smith et Clausner, 1993).

5.1.2 Bennes

5.1.2.1 Contexte d'utilisation

Les bennes sont principalement utilisées pour des études où la caractérisation verticale n'est pas nécessaire. Dans un tel contexte, le recours à ce type d'échantillonneur est préférable, compte tenu de son emploi facile et des grands volumes de sédiments qu'il génère par rapport aux carottiers.

---

[3] Ce carottier a été développé pour la collecte de sédiments sableux jusqu'à 1,8 m de profond dans des milieux où le courant peut atteindre 1,5 m/s. Lors de la remontée, le tube est automatiquement bouché par une plaque coulissante lorsque la tête de carottage passe à l'intérieur du poids profilé servant de base au carottier (Prych et Hubbell, 1966).

Selon le modèle employé, les bennes permettent de recueillir des sédiments jusqu'à 30 cm de profondeur. La profondeur de pénétration de chaque engin variera cependant selon la nature du substrat échantillonné.

Si la nature des sédiments est hétérogène, il est fortement recommandé d'utiliser plus d'un type de bennes (p. ex., benne Ekman pour les sédiments mous et benne van Veen pour les sédiments grossiers) afin d'accroître la qualité de l'échantillonnage (Baudo, 1990). Cette approche requiert toutefois une bonne connaissance du milieu, soit à partir de la revue de l'information historique ou d'une reconnaissance de terrain préalable.

Le choix de la benne la plus appropriée dépendra du type de matériaux à échantillonner, de leur niveau de consolidation, de la vitesse du courant ainsi que du volume à recueillir (figure 5.1) tout en considérant les exigences spécifiques des objectifs de qualité des données.

5.1.2.2 Contraintes

Les principales contraintes à l'utilisation des bennes pour échantillonner les sédiments sont :

- Variabilité et faible reproductibilité de la profondeur des bennes selon le type de sédiments, le poids de la benne, la vitesse de l'engin lors de l'impact avec les sédiments et son inclinaison (Environnement Canada, 1994; Blomqvist, 1990; Baudo, 1990; Downing, 1984; Flannagan, 1970). Idéalement, la performance de l'échantillonneur devra être documentée à l'aide d'une caméra (Blomqvist, 1990) et on aura recours à une structure de support permettant de normaliser les conditions d'échantillonnage (pénétration et angle de coupe).
- Variation de l'intégrité des sédiments selon la benne utilisée et le type de substrat (Baudo, 1990; Smith et Rood, 1994; Murdock et Azcue, 1995). Le transfert de l'échantillon de la benne au bac d'homogénéisation provoque également la perte de la structure des sédiments (ASTM, 1997).
  - Remaniement ou déplacement de la couche superficielle causés par la turbulence qui précède la benne quand elle se pose sur le fond (Mudroch et Azcue; 1995; Burton, 1992; Blomqvist, 1991).
  - Remaniement des sédiments causé par les mâchoires qui repoussent les sédiments adjacents vers l'intérieur de la benne lors de sa fermeture.
  - Remaniement de l'échantillon avec le redressement de la benne au moment de la récupération (si inclinée au moment de la pénétration).

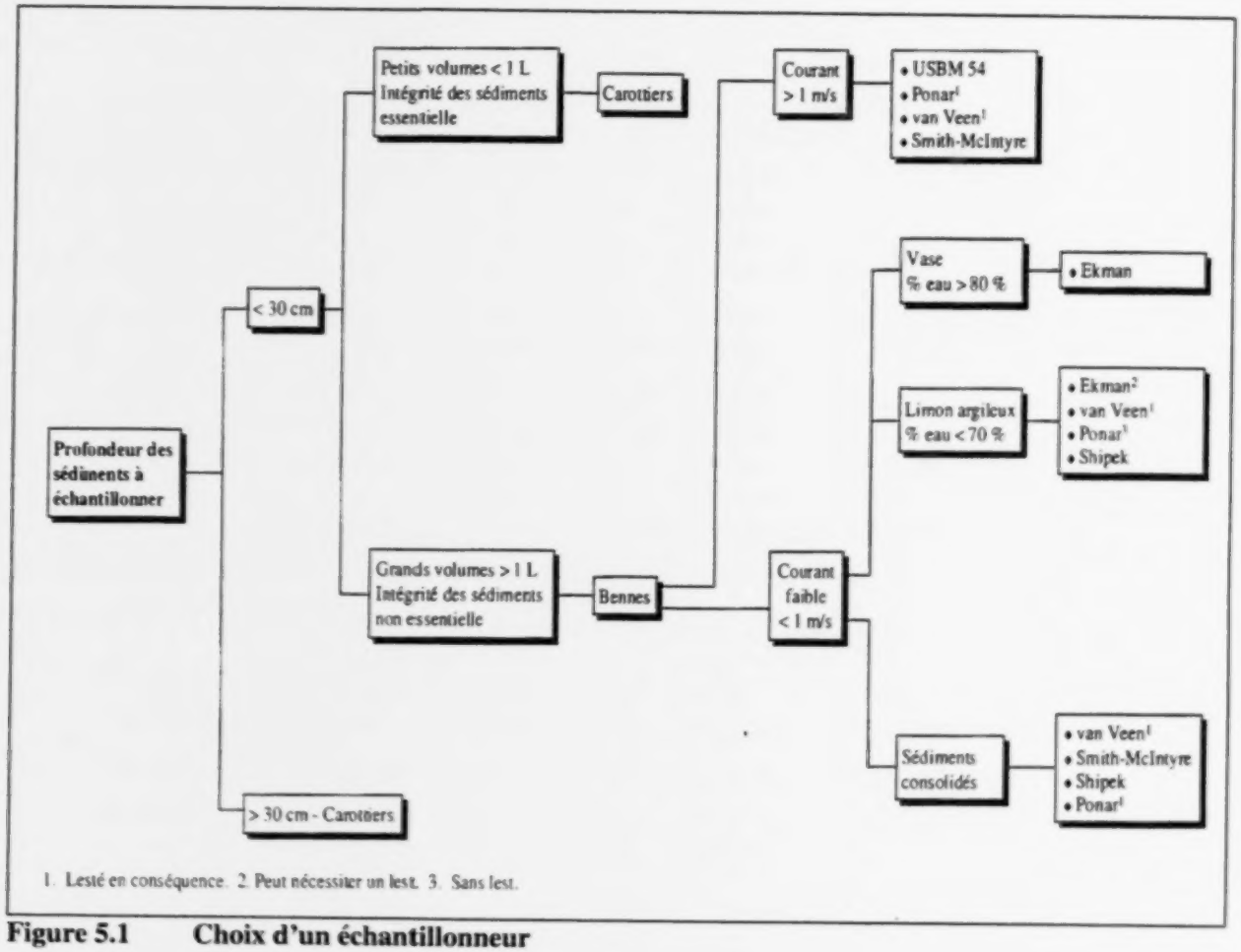


Figure 5.1 Choix d'un échantillonneur

- Mauvaise fermeture des mâchoires provoquant une perte de sédiments qui pourra être amplifiée par la vitesse de remontée (Blomqvist, 1990). Le remaniement et le lessivage des sédiments peuvent provoquer la perte de composés solubles et des substances organiques volatiles (ASTM, 1997; Burton, 1992).

- Contamination des sédiments par le métal ou par le revêtement de l'échantillonneur (peinture, galvanisation, corrosion; ASTM, 1997), en particulier pour les métaux traces. Bien que de conception ancienne, la plupart des bennes sont maintenant disponibles en acier inoxydable. Dans le cas contraire, l'utilisation d'un revêtement en Téflon®, Kynar® (similaire au Téflon®) ou d'une chemise en polyéthylène haute densité (HDPE) peut être une alternative adéquate afin de rencontrer les objectifs de qualité des données. Si l'échantillonneur ne respecte pas ces exigences et que le plan d'analyse requiert

la détermination des métaux, un aliquot devra être pris directement au centre de la benne en évitant les parois.

- Difficulté d'utilisation des bennes lorsque le courant est fort. Dans ces conditions, certains modèles ont tendance à se coucher sur le fond. L'usage de bennes plus lourdes ou l'ajout d'un lest supplémentaire peut être requis. Dans ce cas, un système de levage adapté est requis.

Malgré tout, l'échantillonnage par benne revêt plusieurs avantages :

- Permet le prélèvement d'un grand volume de sédiments, ce qui est particulièrement utile pour les besoins des analyses toxicologiques.
- Plusieurs modèles permettent de prélever des sous-échantillons à même la benne en évitant le contact avec les parois et en conservant assez bien l'intégrité des sédiments. De plus, l'utilisation du bon type de benne permettra d'échantillonner convenablement presque tout les types de sédiments : limon, sable, gravier et argile. Seuls les sédiments consolidés ne peuvent être récoltés à la benne.
- Possibilité, pour certaines bennes, d'ajouter des poids afin d'accentuer la pénétration dans le substrat selon la profondeur que l'on désire échantillonner et la nature du substrat.
- Protège relativement bien l'échantillon du lessivage à la remontée quand la fermeture de la benne est complète et que la vitesse de remontée est contrôlée.
- Type d'échantillonneur de sédiments couramment utilisé et facile à se procurer.
- L'emploi d'une benne est simple et rapide, ce qui permet de prélever plusieurs échantillons en peu de temps.

*5.1.*2.3 Types de bennes

Pour les besoins analytiques d'une étude de caractérisation réalisée dans le cadre de projets de dragage requérant de grands volumes de sédiments (1 à 2 L, jusqu'à 8 L avec essais de toxicité), seuls les plus gros modèles des bennes en usage et particulièrement bien adaptés aux sédiments du fleuve Saint-Laurent et du golfe sont présentés (annexe B, figure B.1). Deux bennes de petits volumes sont également proposées : la Shipek à cause de sa polyvalence et de sa performance dans différents substrats et le USBM 54 pour sa capacité à s'orienter dans les zones de courants. Les spécifications de ces différents types de bennes sont présentées au tableau 5.2. On peut aussi trouver une description détaillée de ces échantillonneurs dans différentes sources d'information (Environnement Canada, 1985, 1994; ASTM 1997; Mudroch et Azcue, 1995; Burton, 1992; Mudroch et MacKnight, 1994; Rochon et Chevalier, 1987; Håkanson, 1986). Les procédures d'opération normalisées des bennes décrites ici sont présentées en détail dans ASTM (1997).

Tableau 5.2
Spécifications des différents types de benne

Type	Taille (cm)	Profondeur de coupe (mm)	Poids sans sédiments (kg)	Poids avec sédiments (kg)	Volume (L)	Surface échantillonnée (cm^2)
Ekman standard	15 x 15 x 15	152	3	16	3,5	232
Grande Ekman	15 x 15 x 23	229	5	21	5,3	232
Grosse Ekman	23 x 23 x 23	305	7	38	11,9	522
Ponar	23 x 23	89	20	45	8,2	522
Van Veen	36 x 28	114	19	84	24	993
Shipek	20 x 20	102	61	69	3	400
Smith-McIntyre	31 x 31	40 dans sédiments durs	90	97 à 144	10 à 20	1000
US BM-54	56	50	46	Environ 48	Environ 0,2	

(Adapté de Downing, 1984, Mudroch et MacKnight, 1994; Mudroch et Azcue, 1995; et Rickly Hydrological Co., 1999)

a) Ekman. La benne Ekman (annexe B, figure B.1) est constituée d'une boîte à section carrée fermée par une paire de mâchoires actionnées par deux ressorts déclenchés par un messager envoyé de la surface et qui glisse le long du câble. Cette benne est particulièrement bien adaptée pour les sédiments mous limoneux et vaseux et les environnements à faible énergie.

- Avantages :
  - disponible en plusieurs tailles;
  - un support peut être ajouté pour améliorer la stabilité;
  - les rebords des mâchoires se superposent pour minimiser la perte de sédiments;
  - la performance de pénétration peut être augmentée en ajoutant du lest;
  - le haut de la benne s'ouvre pour permettre le sous-échantillonnage directement à l'intérieur;
  - l'angle de pénétration du godet (68°) fait en sorte que la fermeture des mâchoires n'induit pas un mouvement vertical de l'échantillonneur (Riddle, 1989; Sly, 1969).

- Désavantages :
  - son utilisation nécessite un système de levage adéquat (treuil et potence);
  - compte tenu de son large profil, la vitesse de descente doit être lente pour réduire l'onde de choc qui peut perturber les sédiments fins et pour éviter une trop grande pénétration dans les sédiments mous;

- la puissance des ressorts est parfois insuffisante pour fermer efficacement les mâchoires et le système de fermeture peut être bloqué par des débris;
- sans support, la benne peut pénétrer obliquement;
- en cas de surpénétration, les sédiments adjacents pourront entrer par l'ouverture supérieure (Blomqvist, 1990).

b) Ponar. La benne Ponar (annexe B, figure B.1) récolte les sédiments à l'aide de deux lourdes mâchoires maintenues ouvertes par des tiges de fer croisées au-dessus de l'engin. Le mécanisme de fermeture est activé lorsque la benne touche le fond. Lors de la remontée, la tension sur le câble maintient les mâchoires fermées. Couramment utilisée parce qu'elle convient à plusieurs types de substrats, la benne Ponar est particulièrement bien adaptée pour l'échantillonnage de sédiments sableux et limoneux-argileux compacts dans des milieux à faibles courants.

- Avantages :
  - la partie supérieure de la benne s'ouvre pour permettre le sous-échantillonnage directement à l'intérieur;
  - des poids additionnels sont disponibles pour améliorer la pénétration;
- Désavantages :
  - elle aura tendance à se coucher sur le fond lorsque le courant est trop fort;
  - la vitesse de descente doit être contrôlée pour réduire l'onde de choc qui peut perturber les sédiments fins;
  - le système de fermeture peut être obstrué par des débris;
  - il peut y avoir surpénétration dans les sédiments mous si la vitesse de descente est trop rapide;
  - son utilisation nécessite un système de levage (treuil et potence).

c) van Veen. La benne van Veen prélève les sédiments à l'aide de deux lourdes mâchoires prolongées par de longs bras qui la stabilisent sur le fond (annexe B, figure B.1). Il existe plusieurs modèles avec différentes longueurs de bras et différents déclencheurs de fermeture. Le modèle à long bras est généralement préférable, car il donne de meilleurs profils de coupe (Riddle, 1989). Cette benne est particulièrement bien adaptée pour le prélèvement des sédiments sableux et argileux limoneux compacts.

- Avantages :
  - elle peut être utilisée dans des situations de courants forts (<1 à 1,5 m/s);
  - l'utilisation d'un support permettra de stabiliser la benne (Blomqvist, 1991);

- selon le modèle, la partie supérieure de la benne peut s'ouvrir et permettre le sous-échantillonnage directement à l'intérieur;
- elle retient bien les sédiments fins;
- des poids peuvent être ajoutés pour améliorer la pénétration;
- elle est la benne la plus polyvalente et la plus représentative (ASTM, 1997; Burton, 1992).

• Désavantages :

- elle peut avoir tendance à se coucher sur le fond malgré l'utilisation des longs bras;
- elle est inefficace dans les sédiments consolidés;
- la vitesse de descente doit être contrôlée pour éviter le remaniement des sédiments superficiels et ce, malgré le design de la benne qui limite le flot de l'eau;
- le système de fermeture peut être obstrué par des débris;
- la pénétration peut être trop grande dans les sédiments mous à cause du poids de la benne ou si la vitesse de descente est trop rapide;
- la fermeture des mâchoires peut être prématurée en eaux agitées ou si la vitesse de descente est trop rapide;
- son utilisation nécessite un système de levage (treuil et potence).

d) Shipek. La benne Shipek prélève les sédiments à l'aide d'un godet de forme semi-cylindrique qui se referme en effectuant une rotation de 180° à l'aide de deux puissants ressorts (annexe B, figure B.1). Compte tenu de la force exercée par les ressorts, des précautions doivent être prises pour assurer la sécurité des utilisateurs.

Tout comme la benne Ponar, la Shipek peut être utilisée dans la plupart des substrats. Son mécanisme particulier en fait cependant une des seules bennes à pouvoir échantillonner des argiles de la mer de Champlain.

• Avantages :

- elle peut être utilisée dans les milieux à forts courants à cause de son poids important et de son centre de gravité qui est bas;
- la rotation rapide du godet provoque le cisaillement des sédiments et réduit le remaniement de l'échantillon (Sly, 1969);
- le godet peut être retiré de la benne, ce qui permet un sous-échantillonnage directement à l'intérieur;
- le godet, une fois fermé, est complètement protégé du lessivage lors de la remontée;
- elle peut fonctionner en tandem (Sly, 1969) pour contrecarrer l'effet de rotation qui peut entraîner l'inclinaison de l'engin dans les sédiments mous.

- Désavantages :
  - la vitesse de descente doit être contrôlée pour réduire l'onde de choc qui peut perturber les sédiments fins;
  - elle récolte de plus petits volumes que les autres bennes;
  - l'échantillonneur étant en métal, il y a un risque de contamination de l'échantillon (le godet est aussi disponible en acier inoxydable);
  - son utilisation nécessite un système de levage (treuil et potence);
  - l'effet de rotation peut entraîner l'inclinaison de l'engin dans les sédiments mous.

e) Smith-McIntyre. La benne Smith-McIntyre est constituée de deux mâchoires actionnées par des ressorts très puissants (annexe B, figure B.1). Elle se referme par le côté plutôt que par le fond et est munie d'un cadre pour plus de stabilité. Bien qu'elle soit peu utilisée, la benne Smith-McIntyre présente un très bon design et une bonne fiabilité d'échantillonnage (Downing, 1984). Elle est particulièrement bien adaptée pour prélever des sédiments graveleux, sableux et argilo-limoneux. Compte tenu de la force exercée par les ressorts, des précautions doivent être prises pour assurer la sécurité des utilisateurs.

- Avantages :
  - elle peut être utilisée dans des milieux de courant nuls ou forts;
  - elle est plus efficace dans les substrats durs à cause de la fermeture des mâchoires actionnées par de puissants ressorts;
  - elle possède un support muni de larges pattes qui stabilise sa position sur le fond et limite son enfoncement;
  - des poids peuvent être ajoutés pour améliorer la pénétration et la stabilité dans les courants;
  - des rabats de caoutchouc souples réduisent le lessivage durant la remontée;
  - elle peut être utilisée dans de mauvaises conditions en raison de son poids et de sa stabilité.
- Désavantages :
  - la pénétration peut être trop grande dans les sédiments mous à cause de son poids ou si la vitesse de descente est trop rapide;
  - en raison de son design, elle doit être descendue lentement pour éviter la remobilisation des sédiments superficiels;
  - l'échantillon peut être contaminé par la benne du fait de sa construction métallique (elle est aussi disponible en acier inoxydable);
  - les mâchoires peuvent rester bloquées et provoquer la perte des sédiments fins;
  - son utilisation nécessite un système de levage (treuil et potence).

f) US BM54. La benne US BM-54 est un échantillonneur de forme allongée muni d'un aileron (annexe B, figure B.1) et qui fonctionne sur le même principe que la benne Shipek. Elle est utilisée pour l'échantillonnage des sédiments de rivières (Richly hydrological, 1999) et permet le prélèvement des sédiments mous à modérément compactés tout en étant très efficace dans les milieux à forts courants. Le corps de l'échantillonneur est fabriqué en acier coulé mais le godet peut être fabriqué en acier inoxydable.

- Avantages :
  - l'aileron de l'échantillonneur assure une orientation constante dans les courants ce qui permet de stabiliser l'échantillonneur durant la descente;
  - les sédiments sont protégés du lessivage lors de la remontée.
- Désavantages :
  - la vitesse de descente doit être contrôlée pour réduire l'onde de choc qui peut perturber les sédiments fins;
  - le petit volume échantillonné implique généralement un échantillonnage répétitif;
  - l'usage d'un treuil est requis à cause du poids.

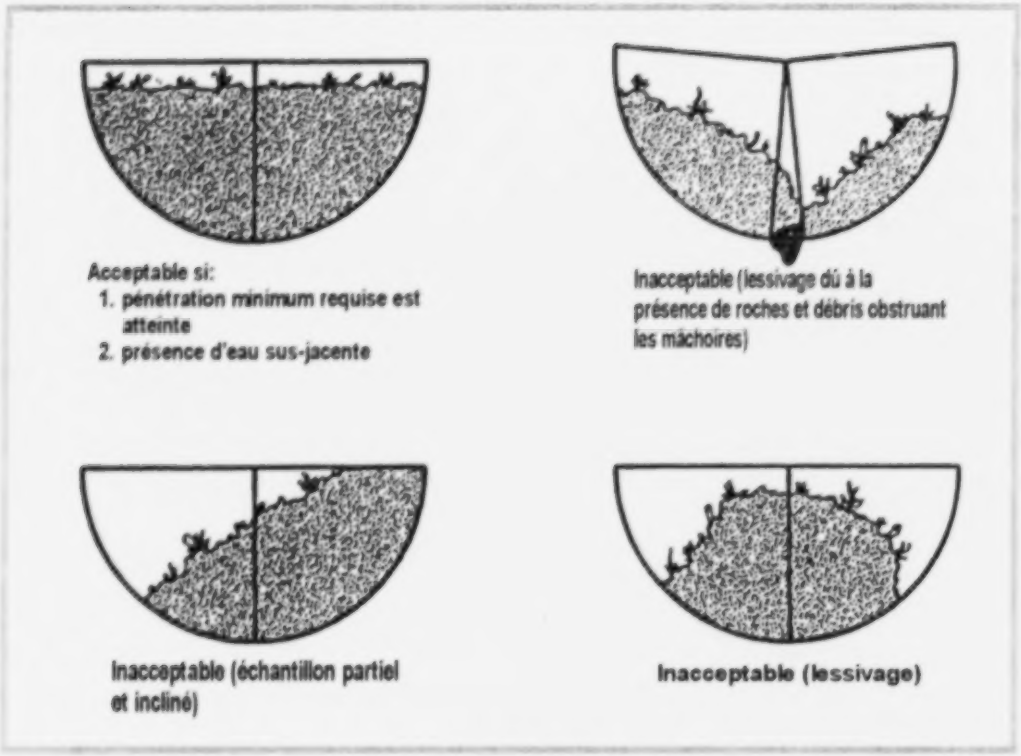
5.1.3 Critères d'acceptabilité des échantillons

Si un échantillon est rejeté parce qu'il ne rencontre pas les objectifs de qualité des données, un nouvel échantillon doit être recueilli, de préférence en amont du premier. De la même façon, l'échantillon partiel qui ne rencontre pas les objectifs de qualité des données doit être rejeté au profit d'un échantillon satisfaisant prélevé ultérieurement. Si certaines conditions limitent la performance de l'échantillonneur, l'échantillon pourra toutefois être un composite de plusieurs coups de bennes qui ne satisfait pas tous les critères de qualité. Les problèmes rencontrés devront être décrits dans le carnet de terrain.

Les critères d'acceptabilité pour un échantillon prélevé par benne sont :

- l'eau sus-jacente est claire ou n'est pas excessivement trouble;
- la profondeur de pénétration est atteinte (volume suffisant);
- la fermeture de la benne est complète.

La figure 5.2 illustre certaines causes de rejet d'un échantillon prélevé par benne.



(Tetra Tech, 1987, *Recommended protocols for sampling and analyzing subtidal benthic macroinvertebrate assemblages in Puget Sound*, p. 20, avec permission)

Figure 5.2 Conditions d'acceptabilité d'un échantillon de sédiments prélevé par benne dans le cadre d'une étude de caractérisation

Les critères d'acceptabilité pour les carottes sont :

- la pénétration de l'échantillonneur est suffisante et adéquate (verticale) en fonction de la profondeur de dragage et des objectifs de qualité des données (une pénétration supérieure peut être requise pour caractériser les sédiments qui seront exposés après le dragage);
- le taux de récupération (rapport longueur de la carotte/profondeur de pénétration) est suffisant et le volume d'échantillon est acceptable;
- l'intégrité de l'échantillon est conservée (la qualité des échantillons est plus importante en prévision des analyses écotoxicologiques que pour la caractérisation physico-chimique);
- l'échantillon est représentatif (échantillonnage de toute la colonne sédimentaire sans perte de sédiments).

5.2 EXTRACTION DE L'EAU DE POROSITÉ

L'eau de porosité, qui occupe les interstices entre les particules sédimentaires, agit comme agent de liaison entre les particules des sédiments et l'eau sus-jacente. En général, les concentrations des différentes substances tendent vers un équilibre entre la phase aqueuse et la phase particulaire, équilibre qui sera modulé par une série de facteurs physico-chimiques. L'eau de porosité est donc utilisée pour évaluer l'effet de la contamination des sédiments sur les organismes aquatiques, car elle reflète mieux la toxicité que les sédiments entiers ou les élutriats (Butfflap et Allen, 1995; Adams, 1991; Ankley *et al.*, 1991; Giesy et Hoke, 1990).

5.2.1 Contraintes

Toutes les méthodes d'échantillonnage modifient, à divers degrés, la chimie de l'eau de porosité (ASTM, 1997). Les modifications engendrées sont extrêmement variables d'une étude à l'autre en fonction de la nature des sédiments et des particularités des méthodes d'échantillonnage, d'extraction et de conservation des sédiments. Le carbone organique dissous, le sulfure diméthylique, l'ammoniaque et les principaux cations sont les composés les plus susceptibles d'être modifiés par la méthode d'extraction. Par ailleurs, les composés volatils sont généralement affectés par la technique d'échantillonnage et le temps de conservation puisque les substances volatiles et semi-volatiles diminuent sensiblement après des temps de conservation de 5 à 7 jours respectivement (ASTM, 1997).

Les modifications seraient principalement causées par (ASTM, 1997; Mudroch et Azcue, 1995; Carignan, 1994; Bishop *et al.*, 1970) :

- l'oxydation (changements des conditions d'oxydo-réduction, perte des AVS);
- la hausse de la température;
- la pression élevée (addition de métabolites);
- la contamination par les matériaux utilisés pour l'échantillonnage et l'extraction, en particulier les filtres.

L'oxydation des sédiments est probablement l'effet perturbateur le plus important. Compte tenu de la nature généralement anoxique des sédiments, toutes les étapes de traitement de l'échantillon, sur le terrain et au laboratoire, doivent donc se faire sous atmosphère inerte (azote ou argon) et à température contrôlée (Burton, 1992; ASTM, 1997). Il est à noter que l'utilisation de bennes pour l'échantillonnage peut favoriser l'oxydation des

sédiments. L'usage du carottier comme méthode d'échantillonnage des sédiments destinés aux bioessais peut donc s'avérer approprié.

Les variations de pression et de température affectent inévitablement la distribution de certains constituants chimiques dans l'eau de porosité (Mudroch et Azcue, 1995). Certaines méthodes d'extraction impliquent d'ailleurs qu'une pression élevée soit appliquée sur les sédiments pour en extraire l'eau. Ceci peut briser les cellules des microorganismes qu'ils renferment et induire des changements chimiques dans l'eau.

L'utilisation d'un filtre est également déconseillée pour les études s'intéressant aux métaux traces puisque ceux-ci se concentrent sur les matières solides comme les filtres (ASTM, 1997). La filtration pourra donc réduire la mesure de toxicité de l'eau de porosité (Ankley *et al.*, 1991).

Finalement, la séparation de l'eau de porosité des sédiments en laboratoire ne donne pas toujours des résultats représentatifs de la nature et des propriétés chimiques de l'eau (Environnement Canada, 1994). Néanmoins, en prenant les précautions nécessaires incluant une température contrôlée, la prévention de l'oxydation, le choix de la méthode d'échantillonnage, d'extraction et de conservation, le choix des matériaux, ainsi que la réduction du temps d'entreposage, il est possible de minimiser les artéfacts d'échantillonnage afin d'obtenir une eau de porosité la plus représentative possible.

5.2.2 Méthode d'extraction de l'eau de porosité

Le volume des échantillons et les contraintes de temps, qui sont déterminés par les objectifs de l'étude, vont notamment guider le choix de la méthode d'extraction de l'eau de porosité. La méthode employée devra aussi minimiser les altérations de l'échantillon dues à l'oxydation, aux variations de température, à la filtration et à la contamination par l'échantillonneur.

Il existe principalement quatre méthodes pour extraire l'eau de porosité des sédiments (figure 5.3).

- Les méthodes *in situ* :
  - dialyseur;
  - aspiration directe.
- Les méthodes indirectes (au laboratoire) :
  - centrifugation;
  - pressage.

Les méthodes *in situ* sont généralement recommandées parce qu'elles permettent d'éviter les altérations de l'échantillon dues à la température, à la pression et à l'oxygène. Leur principale contrainte demeure cependant le faible volume d'eau qu'elles peuvent produire à cause, notamment, du temps d'équilibrage dans le cas des dialyseurs et de l'importance du temps requis dans le cas de l'aspiration. En plus du temps requis, l'équilibre peut aussi ne pas être atteint en raison des limites de la diffusion dans les sédiments et de la forte capacité des membranes d'absorber les éléments dissous (Grigg *et al.*, 1999; Environnement Canada, 1994).

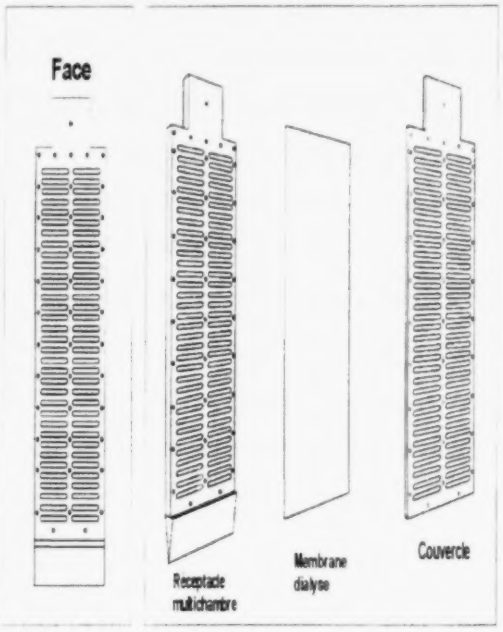
Les méthodes *in situ* conviennent pour de petits volumes (moins de 0,5 à 1 L).

Les méthodes indirectes, qui impliquent le prélèvement d'eau de porosité à partir de sédiments prélevés antérieurement, ont un effet perturbateur plus important sur l'échantillon. Les principaux artéfacts incluent l'exposition de l'eau de porosité à l'oxydation, aux hausses de température et à la sélection chimique des filtres. Ces méthodes sont cependant préférables pour l'obtention de grands volumes en prévision des essais de toxicité (de 1 à 3 L).

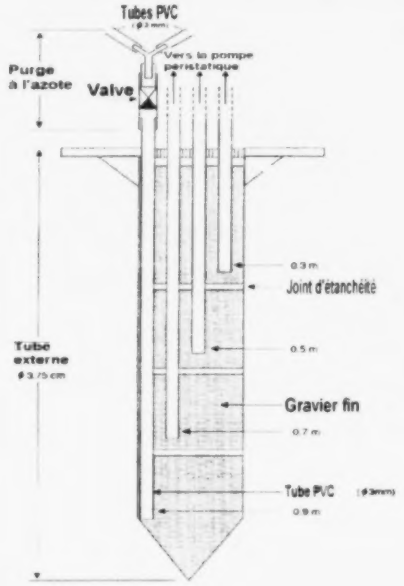
Si des bioessais sont prévus, des récipients spécialement adaptés pour favoriser l'équilibre des phases pourront être insérés dans les sédiments *in situ* ou dans un microcosme constitué d'un volume de sédiments prélevés sur le terrain et transportés au laboratoire.

Les sections 5.2.2.1 et 5.2.2.2 présentent une revue succincte des diverses méthodes afin de sensibiliser le lecteur aux principales contraintes logistiques et analytiques de l'extraction de l'eau de porosité. Actuellement, il n'existe pas de procédures d'opération normalisées pour l'utilisation des différentes méthodes qui sont en constante évolution et plusieurs auteurs proposent diverses modifications et adaptations pour solutionner les différents problèmes rencontrés (ASTM, 1997). Les avantages et inconvénients des méthodes d'extraction de l'eau de porosité sont présentés au tableau 5.3.

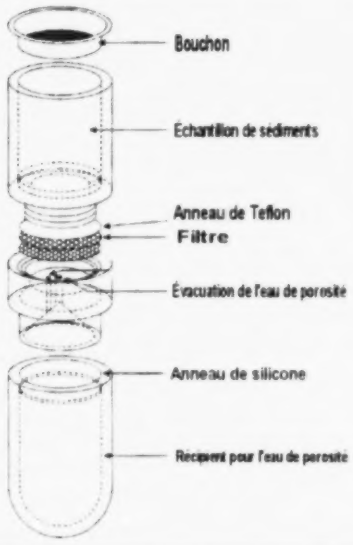
a) Échantillonneur à dialyse « Peeper »
(Mudroch et Azcue, 1995, *Manuel of aquatic sediment sampling*, p.120, avec permission)



b) Échantillonneur multi-niveaux par aspiration (Hertkom-Obst *et al.*, 1982, *Environmental technology letters*, 3 :264, avec permission)



c) Échantillonneur pour centrifugation
(Mudroch et Azcue, 1995, *Manuel of aquatic sediment sampling*, p.120, avec permission)



d) Chambre d'extraction par pressage
(modifiée de Reeburgh, 1967)

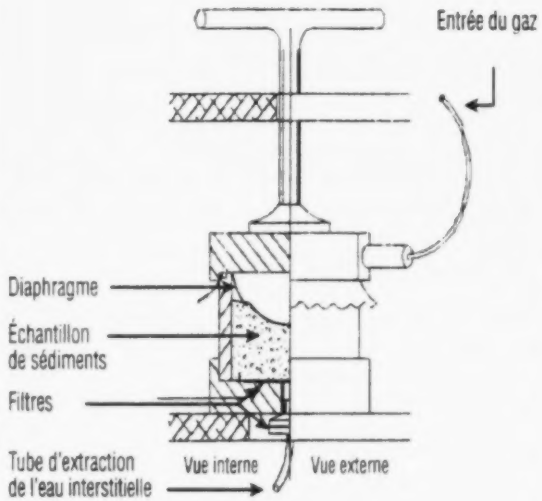


Figure 5.3 **Représentation schématique des différents systèmes d'extraction de l'eau de porosité**

Tableau 5.3
Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction de l'eau de porosité

Méthode	Avantages	Inconvénients
Laboratoire		
Pressage	- Équipement simple et portatif - Économique - Composition des sédiments disponible - Donne de plus grands volumes	- Contamination possible par oxydation - Perte de CO_2 changeant la composition de l'eau de porosité - Élévation de la température - Addition de métabolites induits par la pression
Centrifugation	- Méthode simple - Composition des sédiments disponible - Donne de grands volumes	- Risques d'artéfacts d'échantillonnage - Artéfacts dus à la pression - Changements possibles dus à l'oxydation et à l'élévation de la température
In situ		
Dialyseur	- Construction et fonctionnement simples et économiques - Pas d'induction de courant de l'eau de porosité - Permet réplication maximum - Analyse des gaz dissous possible - Pas d'artéfacts liés à l'oxydation, la pression et l'élévation de la température l'utilisation de certaines membranes peut permettre une certaine sélectivité à l'égard des solutés	- Modification de la structure des sédiments - Nécessite des plongeurs - Long, minimum 12 jours - Il faut une enceinte d'équilibrage - Risques que l'équilibre ne soit pas atteint; le temps d'équilibrage doit idéalement être déterminé expérimentalement (car variable) - L'équilibreur et le circuit doivent être désoxygénés à l'azote - La membrane peut être attaquée par les microbes (membrane de cellulose) - Développement d'un potentiel électrique au niveau de la membrane
Aspiration directe	- Simple et facile à utiliser - Système fermé réduisant au minimum la possibilité de contamination - Unité stable - Permet l'échantillonnage répété à une profondeur bien définie	- Les particules fines peuvent être recueillies - Effets de l'oxydation difficiles à prévenir complètement - À une profondeur donnée, on ne peut prélever que de petits volumes

(Modifié de Mudroch et Azcue, 1995)

5.2.2.1 Méthode in situ

Dialyseur. Le principe des dialyseurs est basé sur la diffusion des substances dissoutes à travers une membrane sélective qui sépare l'eau déionisée et désoxygénée contenue dans l'échantillonneur de l'eau de porosité. La composition et la taille des pores des membranes varient, ce qui leur confère une certaine sélectivité à l'égard des solutés.

Recommandations pour l'extraction de l'eau de porosité avec dialyseur

- Le dialyseur doit être désoxygéné à l'aide d'un gaz inerte pendant 24 à 48 heures (jusqu'à 30 jours selon Carignan [1984]) et protégé de l'air ambiant jusqu'à son installation.
- L'installation du dialyseur dans les sédiments est habituellement faite par des plongeurs.
- Il faut laisser l'équilibre se faire entre l'eau des sédiments et l'intérieur de l'échantillonneur. Le temps d'équilibrage doit être de 15 à 20 jours ou déterminé expérimentalement (Carignan, 1984).
- Le sous-échantillonnage est habituellement fait à l'aide d'une seringue ou par des tubes fixés au dialyseur, et doit être effectué très rapidement pour éviter les modifications dues au changement de température et aux conditions d'oxydoréduction.
- La membrane doit être faite de polysulfone (Butfflap et Allen, 1995). Certains polymères sont inappropriés parce qu'ils peuvent adsorber certains composés non polaires (ASTM, 1997). Les membranes de cellulose ne sont pas adéquates car elles se décomposent trop rapidement (ASTM, 1997). Elles peuvent mener à la sous-estimation ou à la surestimation des concentrations des différents constituants de l'eau de porosité (Carignan, 1984).

Volume obtenu. On obtient généralement quelques dizaines de millilitres après équilibre mais le volume variera selon le type de dialyseur utilisé (tableau 5.4).

- Les dialyseurs de type sac ou cylindre (*stacker)* récoltent les plus grands volumes d'eau et doivent être privilégiés (tableau 5.4).
- Le « peeper » (tableau 5.4), qui recueille de petits volumes (3 à 5 mL par cellule), est surtout employé pour les profils géochimiques (Azcue *et al.*, 1995).
- Le VESPOS est un échantillonneur de type *« peeper »* qui comporte des chambres d'équilibre pouvant aller jusqu'à 60 mL (Azcue *et al.*. 1995). Il demande toutefois un temps d'équilibrage plus long.

Aspiration directe. Si on utilise cette méthode, le prélèvement de l'eau de porosité de sédiments non consolidés s'effectue après filtration, sous pression hydrostatique ou par aspiration à l'aide de seringues à longues aiguilles ou d'un tube. Il est également possible d'avoir recours à des plongeurs si la profondeur l'exige.

Les types d'échantillonneurs par aspiration varient selon la nature du filtre utilisé, l'emplacement des filtres sur le dispositif d'échantillonnage, le mécanisme de succion et si l'échantillonnage se fait à une ou plusieurs profondeurs simultanément ou non. Le tableau 5.5 décrit les différentes techniques qui sont utilisées pour l'aspiration directe de l'eau de porosité. Pour plus de détails sur ces méthodes, on peut consulter Mudroch et Azcue (1995).

Tableau 5.4
Principaux types de dialyseurs

Type de dialyseur	Volume obtenu	Caractéristiques
Type sac		
Méthode développée par Mayer (1979)		-Sac ou récipient rempli d'eau distillée dans laquelle l'équilibre chimique avec l'eau des sédiments s'effectuera à travers une membrane de dialyse. -Échantillonnage à plusieurs profondeurs possible (plusieurs sacs dans tube de Lucite®)
Höpner (1981)	3 mL par chambre	Échantillonnage à plusieurs profondeurs (20 chambres d'échantillonnage)
Bottomley et Bayly (1984)	10 à 12 mL par chambre	Modification de Mayer (1979) Échantillonnage à 10 profondeurs possible avec plusieurs sacs dans tube de Lexan perforé et couvert
Type peeper		
Hesslein (1976)	3 à 5 mL par chambre	Chambres d'échantillonnage creusées dans un panneau d'acrylique rectangulaire. L'eau entre à travers une membrane recouvrant entièrement le panneau et fixée à l'aide d'un autre panneau de même dimension. Celui-ci est percé de trous correspondant aux chambres d'échantillonnage.
VESPOS, Azcue *et al.* (1995)	Jusqu'à 60 mL par chambre	Fermeture automatique des récipients contenant l'eau de porosité avant la récupération de l'échantillonneur

Les petits volumes obtenus, l'utilisation de filtres susceptibles d'introduire des artéfacts d'échantillonnage ainsi que la complexité de certains modèles décrits dans la littérature sont cependant les principales contraintes de cette méthode.

- L'aspiration directe n'est pas recommandée à cause des problèmes logistiques liés au dispositif de pompage et du temps nécessaire à l'équilibrage et au pompage pour obtenir un volume suffisant. L'extraction directement par la seringue est simple, mais n'est pas recommandée car elle ne donne que de très petits volumes.

Tableau 5.5
Différentes techniques utilisées pour l'aspiration directe de l'eau de porosité

Échantillonneur	Volume obtenu/temps	Caractéristiques
Échantillonnage à une profondeur		
Zimmerman *et al.* (1978)	Variable selon type de sédiments	L'eau est extraite à l'aide d'un filtre de céramique placé au bout d'un tube puis est récupérée par une pompe à vide.
Barnes (1973)		3 épaisseurs de filtres en acier inoxydable; récolte l'eau dans un tube d'acier inoxydable.
Goodman (1979)		Sonde de 3mm de diamètre et filtre de 0,45 mm; aspiration par une seringue reliée à la sonde par un tube.
Howes *et al.* (1985)	5 à 10 mL chaque fois	Sonde de verre avec manchon de Téflon®; aspiration simple à l'aide d'une seringue; donne profondeur imprécise.
Rey *et al.* (1992)		Modifié de Zimmerman *et al.* (1978); utilise un filtre de polyéthylène.
Échantillonnage à plusieurs profondeurs		
Sayles *et al.* (1973)		Tube d'acier inoxydable percé de 5 entrées munies de filtres capillaires de Téflon®; aspiration de l'eau dans un réceptacle type seringue actionnée par un ressort; donne des profondeurs imprécises à cause de possibilité de surpénétration; contamination possible par eau sus-jascente.
Murray et Grundmanis (1980)		Modification de la technique de Sayles *et al.* (1973) pour l'échantillonnage de gaz et de l'eau de porosité.
Montgomery *et al.* (1981)	Équilibrage de 3 jours, 4 mL/min	Pour les faibles profondeurs (0,5 m); permet des prélèvements répétés en l'absence d'oxygène; échantillonnage à 4 profondeurs différentes simultanément dans un tube de plexiglas comprenant 4 chambres indépendantes munies de filtres de Téflon®; aspiration de l'eau par une pompe, au rythme de 4 mL/min.
Brinkman *et al.* (1982)	Équilibrage de 1 jour 5 à 10 mL	Basée sur la technique de Goodman (1979); sondes munies de filtres de papier ou de fibre de verre et disposées sur un support; profondeurs échantillonnées choisies avec une partie de la sonde de longueur variable; des plaques sur le support empêchent le dispositif de s'enfoncer dans les sédiments.
Herkorn-Obst *et al.* (1982)	400 mL/h	Échantillonnage à l'aide de tubes de PVC munis de filtres insérés à 4 profondeurs dans un cylindre de laiton perforé; aspiration par pompe péristaltique.
Watson et Frickers (1990)	Équilibrage de 2 jours	Échantillonnage à des profondeurs successives à l'aide de segments poreux reliés à des chambres auxquelles on applique un vacuum.
Buddensiek *et al.* (1990)	Équilibrage de 1 à 2 semaines	Échantillonnage répété à des profondeurs précises par pas de 1 cm, jusqu'à 35 cm; unité stable qu'on peut faire fonctionner tout au long de l'année.
Hursthouse *et al.* (1993)	5 mL/2 min	Technique similaire à celle de Watson et Frickers (1990) mais avec des filtres disposés en spirales au travers d'un tube de polyéthylène; aspiration par pompe manuelle.
Bertolin *et al.* (1995)		Permet d'obtenir les échantillons sans enlever le dispositif (réplication possible); échantillonne à des profondeurs supérieures à celles des modèles de Watson et Frickers (1990) et Hurshouse et al. (1993).

5.2.2.2 Méthodes indirectes

Centrifugation. Cette méthode consiste à centrifuger les sédiments pour ensuite récupérer et filtrer (dans certains cas) le surnageant.

Recommandations pour extraire l'eau par centrifugation. (Sources : ASTM, 1997; Mudroch et Azcue, 1995; Environnement Canada, 1994).

- Procéder à la manipulation des sédiments et à la centrifugation en utilisant une boîte à gants[4].
- Déposer les sédiments homogénéisés dans des tubes à centrifuger en polycarbonate, en Téflon® ou en Corex (pour éviter la contamination). Des tubes en acier inoxydable peuvent également être employés quand les contaminants d'intérêt sont organiques seulement.
- La durée de centrifugation recommandée est de 30 minutes pour 10 000 g (ultracentrifugation) afin d'extraire une plus grande portion de l'eau des sédiments et pour se débarrasser des substances colloïdales et des argiles non dispersables. Une centrifugation plus lente nécessitera généralement une filtration subséquente pour éliminer ces substances.
- La filtration peut entraîner des changements importants de la toxicité de l'eau de porosité (Ankley *et al.*, 1991) en raison de l'adsorption sélective des métaux traces et de certains composés non polaires (Ankley et Thomas, 1992; Burton, 1992, ASTM, 1997); un échantillon non filtré devrait aussi être testé pour vérifier la contamination possible par le filtre. Les concentrations chimiques des substances retrouvées dans l'eau peuvent varier selon le type (polycarbonates, Téflon®, etc.) et la taille du filtre utilisé (ASTM, 1997; Mudroch et Azcue, 1995). Celui-ci doit donc être choisi adéquatemment.
- La température des sédiments pendant la centrifugation doit refléter la température *in situ* de manière à prévenir des modifications chimiques.
- Siphonner ou décanter le surnageant, filtrer (si nécessaire) et conserver dans des récipients préalablement traités.
- Traiter les filtres par trempage (selon le cas) dans de l'eau déionisée pendant 24 heures (48 heures pour les filtres de nylon).
- Procéder à l'extraction de l'eau de porosité dans les 24 heures suivant le prélèvement de l'échantillon.
- Il est conseillé de re-centrifuger l'échantillon avant de le soumettre à des essais ou à la congélation, afin d'éliminer les particules en suspension (Carr et Chapman, 1995).

Tous délais ou écarts à ces recommandations devraient être considérés comme une source de modifications chimiques de l'eau échantillonnée.

---

[4] Saager *et al.* (1990) ont mis au point une méthode qui ne nécessite pas de boîte à gants puisque le filtre est intégré au tube de centrifugation. Cette technique a permis de récupérer 75 % de l'eau de sédiments sablonneux, alors que seulement 25 à 30 % était récupérée par pressage.

Volume obtenu. Environ 400 mL par litre de sédiments.

Pressage. La méthode consiste à presser les sédiments à travers des filtres pour en extraire l'eau. Selon la technique de pressage utilisée, le type de filtre peut varier (tableau 5.6).

Recommandations pour l'extraction de l'eau de porosité par pressage

- La manipulation des sédiments, le pressage et la filtration doivent se faire dans une boîte à gants sous atmosphère et température contrôlées afin de prévenir toute modification chimique.
- Pour éviter la contamination, les surfaces en contact avec les sédiments doivent être faites de matériaux inertes comme le Téflon® ou le Corex. L'acier inoxydable peut aussi être employé si les contaminants d'intérêt sont organiques.
- La température des sédiments pendant le pressage doit refléter la température *in situ* de manière à prévenir des modifications chimiques.
- Puisqu'on utilise un filtre, un échantillon d'eau non filtrée (obtenu par ultracentrifugation) doit aussi être testé afin de vérifier la contamination possible par le filtre.
- Les filtres doivent être traités par trempage dans de l'eau déionisée pendant 24 heures (48 heures pour les filtres de nylon) (Carr et Chapman, 1995).
- L'extraction de l'eau de porosité doit se faire dans les 24 heures suivant le prélèvement de l'échantillon.
- La pression appliquée sur les sédiments doit être déterminée expérimentalement pour éviter d'introduire des métabolites dus à la rupture des cellules des microorganismes ou des débris (Bolliger *et al.*, 1992). Une pression trop forte peut permettre l'introduction, à divers degrés, de Na, K, HPO_4, H_4SiO_4, NO_2 et du carbone organique dissous, ce qui fait augmenter leur concentration (Mudroch et Azcue, 1995).

Volume obtenu. On obtient généralement quelques dizaines de mL/heure. Le volume total sera cependant fonction du volume de sédiments filtrés et de la technique de pressage utilisée (tableau 5.6).

Tous délais ou écarts à ces recommandations devraient être considérés comme une source de modifications chimiques de l'eau échantillonnée.

Tableau 5.6
Caractéristiques des différentes techniques d'extraction de l'eau de porosité par pressage

Méthode	Volume obtenu et temps de pressage	Filtre	Caractéristiques
Presley *et al.* (1967)	40 % de l'eau des sédiments	Millipore 0,4 mm	La doublure de Téflon® évite la contamination; pressage pneumatique à 70 Kg/cm^2
Reeburgh (1967)	25 mL/30-45 min		Pressage pneumatique sur un diaphragme de plastique; pas de pièces métalliques
Kalil et Goldhaber (1973)	10 min à 1 h	Papier filtre	Pressage (3 tonnes) à température contrôlée; doublure de plastique
Sasseville *et al.* (1974)	400 mL*	Papier filtre puis refiltré sur Millipore 0,45 mm	Pressage à l'aide d'un piston dans cylindre de PVC
Robbins et Gustini (1976)	10 à 50 mL*		Adaptation du dispositif de Reeburgh (1967) pour sédiments fins non consolidés
Matisoff *et al.* (1980)		Millipore 0,22 mm	Fait de nylon; pressage pneumatique à 3,4 ATM sur diaphragme de caoutchouc
Bender *et al.* (1987)	30 à 60 min pour 2 cm de carotte	Polyester 10 mm	Pressage de la surface d'une carotte à l'aide d'un piston en Lucite® où se trouve un trou muni d'un filtre; pressage manuel; modifications chimiques de l'eau dues aux réactions entre les phases solide et liquide
De Lange (1992)		Cellulose-acétate 0,2 mm	Modification de l'appareil de Reeburgh (1967); fait de Derlin®
Rosa et Davis (1993)	Long comparé aux autres		Dispositif à serres multiples; pressage pneumatique
Jahnke (1988)			Extraction de l'eau de porosité d'une carotte à des épaisseurs définies
Petryk et Dustin (1993)	25 % en 30 min	Papier	Pressage pneumatique; forme modifiée de la surface appliquant la pression de façon à augmenter l'efficacité de l'échantillonneur

* En supposant 50 % de récupération.

5.3 PROCÉDURES GÉNÉRALES DE TERRAIN

Ces procédures sont les points généraux qu'il faut considérer dans le cadre de la réalisation d'une campagne de terrain.

- Les méthodes de collecte et de manipulation des échantillons doivent être définies avant le début de la campagne d'échantillonnage. Tout écart aux procédures d'opération normalisées (PON) doit être clairement identifié et consigné dans le cahier de terrain.
- Tout l'équipement d'échantillonnage et de mesure doit être calibré et vérifié avant et pendant la campagne de terrain. Les essais et calibrages doivent être documentés et consignés avant et durant la campagne de terrain.
- Tout le matériel doit être propre et prêt à être utilisé. L'intérieur de l'échantillonneur doit donc être nettoyé conformément aux exigences des analyses.
- Le bateau doit être amarré par deux ou trois points d'ancrage. La stabilité de l'embarcation est primordiale pour assurer une performance d'échantillonnage maximale et un positionnement précis.
- On doit approcher du site par l'aval pour éviter de déranger les sédiments de la zone à échantillonner. Les turbulences engendrées par les moteurs de l'embarcation peuvent provoquer un remaniement des sédiments mous jusqu'à des profondeurs de 6 m (Sly, 1969; Blomqvist, 1990).
- Un bac d'homogénéisation en acier inoxydable suffisamment grand pour recevoir la totalité de l'échantillon doit être disponible.
- Tous les récipients et couvercles doivent avoir été préalablement identifiés avec le numéro de l'échantillon, la date, et le type d'analyse à effectuer (organique ou inorganique).
- Un émerillon doit relier l'échantillonneur au câble de levage pour limiter le vrillage lors de la descente. Lors de la remontée, la benne ne devra pas être sortie complètement hors de l'eau sans qu'un bac rempli d'eau n'ait été préalablement placé sous l'échantillonneur pour maintenir une charge hydraulique. De même, un carottier ne devra pas être sorti complètement hors de l'eau sans qu'un bouchon n'ait été mis en place. La diminution de la charge hydraulique peut provoquer la perte rapide de l'échantillon.
- Une fois dans le bateau, il faut éviter d'agiter la benne ou le carottier pour ne pas remanier les sédiments superficiels. Rincer l'extérieur de la benne et du carottier en faisant attention au lessivage des sédiments à l'intérieur. Le nettoyage de l'échantillonneur permet de minimiser les risques de contamination croisée.
- Des échantillons représentatifs doivent être récoltés à toutes les stations afin de rencontrer les objectifs de l'étude.

- Après la prise des mesures, on procède à la description de l'échantillon et ensuite au sous-échantillonnage, selon les objectifs de qualité des données établis pour l'étude.
- L'information de terrain (description des échantillons, conditions d'échantillonnage, performance des échantillonneurs) doit être colligée de manière détaillée, complète et diligente. Même l'information jugée banale au moment de l'observation peut s'avérer importante ultérieurement.
- L'enregistrement de tous les échantillons doit être constant et inclure l'information sur l'identification, la nature et la destination des échantillons. La perte d'échantillons ou une mauvaise identification (erreur, perte d'étiquette) peut affecter l'interprétation des résultats.
- Lors de l'échantillonnage, la réplication des échantillons doit être effectuée chaque fois que jugé nécessaire.
- Pour la prise de réplicats, l'embarcation doit être légèrement déplacée pour éviter d'échantillonner des sédiments perturbés.
- L'échantillonneur doit être nettoyé sur le site avant de se déplacer à la station suivante.
- Durant le déroulement de la campagne d'échantillonnage, l'équipe de terrain doit être vigilante face aux sources potentielles de contamination qui incluent les fumées d'échappement des moteurs de l'embarcation, la surface des véhicules de transport (i.e. arrière d'un camion), des échantillonneurs sales, la surface de travail dans l'embarcation, etc. Durant l'échantillonnage et la manipulation des échantillons, il est formellement interdit à l'équipe de terrain de manger ou de fumer à proximité des échantillons.

Des procédures d'opération normalisées doivent aussi être préparées afin de s'assurer que les objectifs de qualité des données sont rencontrés. Les PON doivent décrire toutes les étapes et opérations que doit effectuer et réaliser l'équipe de terrain, en prenant soin de décrire le fonctionnement des différents échantillonneurs et appareils de mesure afin de s'assurer que les mesures sont précises, reproductibles et justes.

Une liste de vérification des procédures d'opération normalisées est présentée au tableau C.1 de l'annexe C.

5.4 MÉTHODES DE POSITIONNEMENT

Les coordonnées des stations d'échantillonnage doivent être établies avant le début des activités d'échantillonnage. L'échantillonnage doit par ailleurs se faire le plus près possible des emplacements préalablement identifiés, dans la mesure où la station représente

généralement une superficie donnée. Au moment de la collecte, les coordonnées du point d'échantillonnage doivent être enregistrées.

Les caractéristiques du positionnement dans le contexte des projets de dragage incluent :

- précision minimale < 1 m;
- capacité de positionnement en temps réel;
- sortie des positions en coordonnées géographiques (latitude, longitude, système de référence, datum) pour faciliter la conversion en d'autres systèmes de coordonnées;
- utilisation demandant un niveau d'effort minimal de traitement des données;
- mise à jour des coordonnées à une fréquence maximale de 3 secondes;
- capacité d'enregistrer les coordonnées en mémoire;
- pas d'interférence avec les structures maritimes et/ou naturelles environnantes;
- couverture complète durant la journée et précision minimum assurée.

5.4.1 Positionnement par DGPS

Le système de positionnement par satellite est probablement le plus approprié pour établir de façon rapide et précise la position des stations. La précision initiale du GPS était jusqu'à tout récemment d'environ 50 à 100 m. On utilisait alors différentes techniques d'acquisition des données pour ramener cette précision à l'ordre du mètre ou moins.

L'obtention d'un signal de correction différentiel à partir d'un second récepteur positionné sur un point connu ou à partir du réseau de balises de la Garde côtière canadienne (voir : http://www.ccg-gcc.gc.ca/dgps/main_f.htm) permet notamment de corriger les positions mesurées. Le système de balise de la Garde côtière[5] permet aux utilisateurs d'obtenir un positionnement précis sans avoir recours à une seconde unité et à un système de communication supplémentaire.

Le signal de correction est émis par un réseau de balises qui couvre la totalité du fleuve Saint-Laurent et du golfe (voir : http://www.ccg-gcc.gc.ca/dgps/main_f.htm). Depuis le mois de mai 2000, le brouillage du signal GPS n'existe plus si bien que la précision du

[5] Les corrections différentielles fournies par la Garde côtière canadienne sont faites selon le North American Datum de 1983 (NAD83). Les positions obtenues grâce au DGPS devraient renvoyer à celui-ci.

positionnement par GPS a été grandement améliorée et suffit généralement pour les travaux d'échantillonnage dans le cadre des travaux de dragage.

Malgré la performance des systèmes de positionnement par satellite, il sera important sur le terrain de :

- vérifier la qualité de réception du signal lors des mesures de positions;
- inscrire l'information sur la qualité du signal dans les fiches de terrain (valeur du HDOP);
- juger de la pertinence de vérifier le positionnement par une méthode alternative;
- utiliser un mode d'acquisition statique (moyenne sur quelques minutes), plutôt que de prendre une position instantanée.

La localisation des stations devra aussi être suffisamment détaillée pour en retrouver l'emplacement. Le contexte géographique (localité, identification toponymique des sites), les coordonnées DGPS (avec datum et indice de qualité du signal, mode [statique, ponctuel]) et, le cas échéant, les relevés d'amers remarquables (la mauvaise qualité du positionnement GPS est souvent observée lors du traitement des données) doivent être décrits.

5.4.2 Méthodes alternatives

Les contraintes liées à la disponibilité des satellites ou à la qualité du signal peuvent nécessiter le recours à un système alternatif. Par exemple, la présence de hautes structures sur les quais peut limiter la réception des satellites. Dans ce cas, on suggère l'utilisation de techniques d'arpentage à partir d'une borne géodésique généralement présente sur ce genre de structures maritimes. Un chaînage adéquat et l'utilisation d'un taximètre ou d'une station totale permettent d'obtenir un positionnement suffisamment précis (de l'ordre du mètre).

D'autres méthodes alternatives sont décrites dans divers manuels et documents d'orientation (Environnement Canada, 1994; Mudroch et MacKnight, 1994; Mudroch et Azcue, 1995; USEPA, 1994).

6 Manipulation des échantillons

6.1 SÉDIMENTS

6.1.1 Recommandations générales

- Tous les échantillons doivent être manipulés conformément au programme d'assurance et de contrôle de la qualité et aux objectifs de qualité des données. À chaque étape, l'échantillon doit être traité selon une approche systématique et le travail doit se faire dans un espace suffisant, propre et à l'abri des sources de contamination externes.
- Les règles de sécurité sur le terrain (sécurité en milieu de travail, manipulation de sédiments contaminés, gestion des produits toxiques comme les solvants et les acides doivent être suivies (voir section « Santé et sécurité sur le terrain »).

6.1.2 Récupération des prélèvements par carottiers

- Lors de la récupération, la base du carottier doit être bouchée avant la sortie complète du tube de l'eau.
- La profondeur de pénétration doit être mesurée avant le nettoyage du carottier.
- Le tube interne (selon le cas) est nettoyé afin de mesurer la longueur de la carotte. Si celle-ci doit être conservée pendant un certain temps avant le sous-échantillonnage, une description générale doit immédiatement être faite. Il est recommandé de photographier la carotte.
- Les tubes doivent être scellés par des bouchons étanches (joints toriques, ruban électrique) pour éviter le drainage des sédiments. La partie supérieure du carottier doit également être maintenue pleine d'eau pour éviter le remaniement des sédiments superficiels. À noter qu'à cause des turbulences générées, une quantité insuffisante d'eau est souvent plus perturbatrice que l'absence complète d'eau.
- Avant le sous-échantillonnage, les carottes doivent décanter pour permettre le dépôt des sédiments potentiellement remobilisés. L'eau sus-jacente peut être aspirée par un siphon en prenant soin de ne pas aspirer l'interface. Si des tubes jetables sont utilisés, des trous peuvent être percés à intervalles réguliers afin de drainer la partie supérieure de la carotte.
- Les carottes de sédiments doivent être maintenues en position verticale jusqu'à ce qu'elles soient sous-échantillonnées.

a) Sous-échantillonnage. Le sous-échantillonnage des carottes peut se faire sur le terrain ou en laboratoire. Dans les deux cas, les instruments de sous-échantillonnage doivent être compatibles (acier inoxydable, enduit de Téflon®, polyéthylène, etc.) et être conditionnés de manière adéquate en fonction des analyses prévues.

L'intervalle de sous-échantillonnage doit être préalablement établi selon les objectifs de qualité du projet (dans le contexte des projets de dragage, l'intervalle est habituellement de 30 cm ou plus). Au minimum, deux sous-échantillons doivent être récupérés afin de caractériser la couche superficielle et la couche profonde.

Selon le type de tubes utilisés et l'approche de sous-échantillonnage choisie pour l'étude, les carottes peuvent être extrudées à la verticale ou à l'horizontale, sectionnées latéralement ou coupées en sections de longueur définie. Si les tubes doivent être réutilisés, l'extrusion demeure cependant la seule méthode applicable.

Extrusion

- Doit se faire rapidement à cause de la consolidation de l'échantillon sur les parois du tube (ASTM, 1997).
- Se fait habituellement à l'aide d'un piston inséré par le bas du carottier qui est maintenu vertical sur un support adapté. Le carottier est ensuite abaissé sur une base à l'aide d'une tige filetée dont le nombre de tours correspond à une épaisseur donnée (p. ex., 4 tours = 1 cm). Le carottier peut également rester fixe et l'extrusion se faire à l'aide d'un piston (manuel, hydraulique) poussé à l'intérieur de la carotte. Il est souvent plus pratique d'utiliser l'extrusion horizontale à l'aide d'un piston pour les carottes les plus longues (> 1,5 m). Le système d'extrusion hydraulique (pression de l'eau) fonctionne pour les carottiers dont le diamètre est généralement inférieur à 10 cm. Lorsqu'ils sont plus larges, le poids des sédiments à l'intérieur exerce une forte pression de telle sorte que l'eau finit par s'infiltrer autour du piston par les cannelures formées par l'extrusion des tubes.
- Si les sédiments ont une compacité suffisante, l'extrusion peut se faire à l'horizontale sur une surface plane ou préférablement en utilisant un réceptacle allongé. Dans la mesure où le sous-échantillonnage pour les projets de dragage nécessitera l'homogénéisation d'un intervalle d'au moins 30 cm, une plus faible précision lors de l'extrusion horizontale aura peu d'effet sur la qualité des résultats.
- L'intervalle de sous-échantillonnage doit être suffisamment grand pour minimiser l'effet d'entraînement des sédiments lors du carottage et de l'extrusion. Par contre, si un sous-échantillonnage de l'ordre du centimètre est envisagé, il faudra éviter de recueillir les sédiments situés à la périphérie du tube pour ne pas biaiser les résultats, en particulier si les gradients sont prononcés (Chant et Cornett, 1991). L'utilisation d'un adaptateur spécialement conçu et adapté au diamètre du carottier est recommandée. Cet adaptateur permet de rejeter une épaisseur d'environ 2 à 3 mm de matériel autour de l'échantillon dans une soucoupe (Mudroch et MacKnight, 1994; Mudroch et Azcue, 1995).

Sectionnement latéral. Si des tubes jetables sont utilisés, le sous-échantillonnage des carottes peut se faire directement à l'intérieur des tubes après les avoir sectionnés latéralement. Cette méthode est applicable seulement si la compacité des sédiments le permet (< 50 – 60 % eau). Parfois, il sera nécessaire d'extruder la partie supérieure parce que les sédiments sont trop fluides.

- Les tubes sont coupés longitudinalement, sans atteindre les sédiments, à l'aide d'une toupie de menuiserie montée sur un support adéquat (Meisburger *et al*, 1980). Le sectionnement du tube, complété à l'aide d'un couteau, perturbe généralement moins l'échantillon que la méthode d'extrusion (ASTM, 1997).
- Comme cette opération nécessite différents outils, le sous-échantillonnage se fera en laboratoire, ce qui implique que les précautions auront été prises lors du transport pour maintenir les carottes verticales, pour minimiser les vibrations et pour assurer une température de conservation d'environ 4 °C. Des plans pour construire des boîtes de transport pouvant contenir de la glace sont proposés dans ASTM (1997).
- Des précautions doivent être prises pour retirer les débris de coupe des sédiments à l'aide de pincettes.
- Une fois l'enveloppe externe coupée, la carotte est sectionnée à l'aide d'un mono-filament fin pour des sédiments sableux à argileux. Les sédiments argileux peuvent aussi être sectionnés à l'aide d'un couteau tranchant. Si le contenu en argile est élevé, la carotte est sectionnée à l'aide d'une spatule électro-osmotique (ASTM, 1997; Bouma, 1969). Le port de gants isolants permet de se protéger contre les chocs électriques.
- Une fois la carotte sectionnée et les deux parties séparées, la description peut être effectuée. Cette méthode de sous-échantillonnage permet de voir la totalité de la colonne sédimentaire d'un seul coup d'œil. Selon le volume d'échantillon requis, une section peut être conservée en archive. Dans ce cas, elle doit être convenablement enveloppée pour éviter l'assèchement des sédiments.
- Une méthode hybride, alliant l'extrusion horizontale et le sectionnement longitudinal, peut être utilisée si la compacité des sédiments le permet.

Découpage en sections de longueur définies. Si des tubes jetables sont utilisés, ceux-ci peuvent servir à conserver les sous-échantillons. Dans ce cas, les carottes peuvent être coupées en sections d'une longueur donnée.

- Le tube doit être préalablement marqué à intervalle régulier, en commençant par le haut, afin de bien identifier les sections.
- Pour prévenir la coulée des sédiments au point de coupure, il est préférable de congeler les sédiments aux intervalles de coupe. Pour ce faire, le tube est inséré dans une boîte spécialement conçue (ASTM, 1997) pour recevoir de la glace sèche. Les dimensions de la boîte sont de cinq (5) fois le diamètre du tube. Une

carotte de 4 cm prend environ 25 minutes à congeler sur la glace sèche. La congélation des sédiments n'est pas recommandée si certaines analyses et tests écotoxicologiques sont effectués[6].

- La carotte doit être coupée rapidement à l'aide d'une scie à métaux pour éviter un dégel prématuré et la coulée des sédiments. Les extrémités peuvent être grattées à l'aide d'une petite spatule en acier inoxydable pour enlever toutes traces potentielles de contamination.
- Les extrémités des sections sont alors fermées à l'aide de bouchons de polyéthylène ou de polystyrène.

6.1.3 Récupération des prélèvements par bennes

- Au moment de la récupération, l'extérieur de la benne doit être rincé adéquatement pour éviter la contamination croisée de l'échantillon.
- La benne est sortie hors de l'eau après avoir été placée dans un bac rempli d'eau pour maintenir une charge hydraulique.
- Selon le modèle, la benne doit être déposée sur un support permettant de recueillir l'échantillon dans un récipient en acier inoxydable ou de sous-échantillonner à même la benne. Toute la surface de travail doit être recouverte adéquatement (Téflon®, polyéthylène haute densité ou tout autre matière inerte).
- L'échantillon doit reposer quelques minutes pour permettre la décantation des particules remaniées.
- L'eau sus-jacente doit être retirée, par décantation ou au moyen d'un siphon, sans perturber les sédiments fins superficiels.

a) Sous-échantillonnage. Le sous-échantillonnage de la benne s'effectue sur le terrain uniquement. Les instruments de sous-échantillonnage doivent être compatibles (acier inoxydable, enduit de Téflon®, polyéthylène, etc.) et être conditionnés de manière adéquate en fonction des analyses prévues.

- Si les critères d'acceptabilité de l'échantillon sont rencontrés, on procède à la description de l'échantillon (voir section 7.1) puis au sous-échantillonnage.
- L'eau sus-jacente est retirée après décantation de l'échantillon.
- Un seul coup de benne n'est généralement pas suffisant pour satisfaire les besoins d'analyses. Le matériel sous-échantillonné est donc transféré dans un bac d'homogénéisation.

---

[6] Les conditions de conservation et de manipulation des échantillons sur le terrain devraient être préalablement présentées au responsable des analyses pour déterminer les contraintes reliées aux analyses et bioessais à effectuer.

- Idéalement, l'homogénéisation doit s'effectuer dans une boîte ou un sac à gants rempli d'azote ou d'argon (plus dense), surtout si l'on prévoit l'analyse des AVS[7] ou la réalisation de bioessais (ASTM, 1997; Mudroch et Azcue, 1995).
- Si l'homogénéisation ne peut se faire dans ces conditions et que l'on désire mesurer les AVS, on peut mettre un aliquot non homogénéisé de sédiments dans un récipient de verre, en prenant soin de le remplir à ras bord afin de réduire l'oxydation par l'air et de le conserver à 4°C (ASTM, 1997). On procède de manière similaire pour l'analyse des sulfures totaux et des composés organiques volatils.
- On doit retirer les débris, organismes, cailloux ou autres objets qui ne font pas partie de l'échantillon à analyser. Il s'agit ici d'un nettoyage grossier dans la mesure où un tamisage des sédiments pourra être réalisé en laboratoire selon la méthode d'analyse choisie. S'il y a lieu, cette opération devra être notée dans le cahier de terrain.
- L'extraction se fait soit à la main avec une pincette, soit par tamisage, avant l'homogénéisation. Le but de cette procédure est de séparer les sédiments des objets étrangers (organismes, bouts de branches etc.). Le tamisage doit être utilisé lorsque le tri à la main est impraticable; il sera alors préférable de le faire en laboratoire sans utiliser d'eau. Lorsque des analyses des composés inorganiques des sédiments sont prévues, on recommande l'emploi de tamis à ouvertures de taille adéquate en acier inoxydable ou en plastique (ASTM 1997).
- Si on utilise un tamis, les sédiments tamisés sont recueillis dans un récipient en acier inoxydable préalablement nettoyé selon les étapes décrites dans la section « Matériel et conditions d'entreposage ». Lorsque le tri des objets étrangers est manuel, le contenu de l'échantillon est vidé directement dans le récipient.
- On évitera de prendre les sédiments qui sont directement en contact avec les parois de l'échantillonneur.
- Le sous-échantillonnage est fait simplement en utilisant une louche ou une cuillère adéquate.

b) **Homogénéisation.** Cette opération est importante car les étapes d'homogénéisation et de division des sédiments sont largement responsables de la variabilité dans les résultats analytiques.

- Il faut prévoir un récipient de volume suffisant pour recevoir le prélèvement ou les prélèvements s'il s'agit d'un échantillon composite.
- Les sédiments sont ensuite brassés à l'aide d'une spatule (faite de matière inerte et ayant été traitée selon le protocole) ou mécaniquement, jusqu'à l'obtention d'une consistance, d'une texture et d'une couleur homogène. Quelle que soit la méthode utilisée, elle doit être standardisée de manière à uniformiser et réduire au minimum le temps de brassage afin de limiter le risque d'altération de la

[7] Pour éviter la perte des AVS par oxydation.

répartition granulométrique des particules de l'échantillon (Mudroch et Azcue, 1995).

- Après l'homogénéisation, les sédiments doivent être divisés, par quartage par exemple. Selon cette méthode, les sédiments non cohésifs sont façonnés en forme de cône ou de gâteau et divisés en quatre. Les quarts opposés sont retirés et mélangés. L'échantillon fractionné est ensuite mélangé, façonné de nouveau en cône ou gâteau puis divisé en quatre autant de fois qu'il le faut pour obtenir le volume souhaité pour le prélèvement de sous-échantillons (Environnement Canada, 1994). Pour les sédiments cohésifs (argileux), il est préférable de prélever les sous-échantillons directement du bac d'homogénéisation à l'aide d'une spatule, en ayant soin d'homogénéiser constamment entre les prélèvements afin de remanier les sédiments qui auraient pu se déposer de manière préférentielle au fond du bac.

6.2 EAU DE POROSITÉ

Si l'extraction de l'eau est effectuée au laboratoire, les échantillons de sédiments doivent être conservés à 4 °C dans des récipients appropriés pour les analyses prévues.

Comme la plupart des sédiments sont anoxiques, toutes les étapes d'échantillonnage et de sous-échantillonnage doivent être effectuées en atmosphère inerte de façon à prévenir leur oxydation (ASTM, 1997).

Une fois l'eau de porosité extraite, il est important d'observer les recommandations qui suivent pour réduire le plus possible les modifications chimiques de l'eau.

- Le transfert de l'eau de porosité vers les récipients appropriés doit se faire dans une boîte à gants, sous atmosphère inerte et température contrôlée pour refléter la température *in situ*.
- Si une méthode alternative est utilisée, elle doit être validée par des manipulations similaires en atmosphère contrôlée.
- Des mesures de routine sont à prendre sur l'eau de porosité : pH, dureté alcalinité, oxygène dissous, teneurs en sulfures et ammoniaque (Ankley et Thomas, 1992)

7 Mesures et observations de terrain

Les notes de terrain constituent le complément essentiel des données générées et contribuent à l'interprétation des résultats des analyses. Elles servent à valider les indicateurs de qualité des données, à identifier la localisation exacte des échantillons et à colliger les mesures de terrain, les dates et les heures ainsi que les événements et conditions particulières qui peuvent affecter les résultats. Toute omission ou changement des PON doivent aussi être décrits et justifiés dans les notes de terrain.

L'information (éléments essentiels, désirables ou utiles) devant être colligée est décrite en détail à l'annexe D.1.

7.1 DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS

La description des échantillons fournit d'autres renseignements importants sur la nature des sédiments et permet d'en vérifier la similitude afin d'obtenir d'éventuels échantillons composites. Il est fortement suggéré qu'une seule personne effectue la description des échantillons de manière à assurer une certaine constance. De plus, une seule personne doit être affectée à l'homogénéisation et à la mise en récipients des échantillons qui doivent tous, sans exception, être accompagnés d'un formulaire d'identification (annexe D.2).

Les méthodes de description et d'identification exhaustives des sédiments (visuelle, manuelle) sont présentées dans ASTM (1997) et USACE (1996). Dans le contexte des projets de dragage, la description se limite à quelques paramètres.

- Granulométrie

Déterminer, selon la classification de Wenworth (tableau D.1), la proportion relative (annexe D, figure D.1) des différentes fractions granulométriques et l'aspect général de l'échantillon (annexe D, figure D.2). Ceci s'applique principalement lorsque les sédiments sont grossiers, i.e., si la proportion des fractions grossières (sable, graviers, cailloux) est supérieure à 50 %. Un comparateur de la granulométrie peut facilement être construit selon le diagramme présenté à la figure D.3 de l'annexe D. Il est également important de noter la présence de débris d'origine fossilifère ou végétale et de les quantifier

- Forme

Décrire les sédiments grossiers (sables, graviers, cailloux) selon leur forme (annexe D, figure D.4). L'aspect des particules peut renseigner sur l'origine et le mode de mise en place.

- Couleur

Déterminer, à l'oeil nu, la couleur des sédiments. Cette étape doit se faire rapidement, sur une surface fraîche et à l'aide de la charte de Munsell (Munsell color company et USDA).

- Odeur

Identifier les odeurs, notamment pour repérer la présence d'hydrocarbures. Des précautions s'imposent en raison des risques possibles pour la santé.

- Humidité

Décrire le taux d'humidité selon le tableau D.2 de l'annexe D. Les argiles marines auront un taux d'humidité plus faible que les sédiments récents.

- Consistance

Catégoriser les sédiments cohésifs (> 15 % d'argile + limon) selon leur consistance (annexe D, tableau D.3). Cette description n'est pas pertinente pour les sédiments non cohésifs grossiers (graviers).

- Structure

Identifier, pour les échantillons intègres, les structures internes comme les horizons et les laminations qui peuvent fournir une appréciation des conditions d'accumulation (érosion, transport, accumulation). Cette étape doit être appliquée aux échantillons provenant de carottiers et, dans la mesure du possible, à ceux prélevés par benne (annexe D, tableau D.4).

- Nom descriptif

Identifier les sédiments afin de les classer et de fournir une information utile pour l'interprétation des données. L'accent est surtout mis sur la distinction entre les sédiments récents (régime hydro-sédimentologique actuel) et anciens (argiles marines, sédiments glacio-lacustres, glaciaires)

- Réaction à l'acide

Effectuer un test de réaction à l'acide sur un aliquot et l'interpréter selon les critères du tableau D.5 de l'annexe D. Le test permet d'identifier la présence de carbonates dans les sédiments, ce qui peut s'avérer important pour l'adsorption de certains métaux.

Dans le cas des prélèvements à l'aide de carottiers, il peut également être intéressant de décrire la stratigraphie des sédiments à l'aide d'une fiche spécifique présentant une échelle verticale (annexe D, tableau D.6).

Finalement, il est recommandé de photographier les échantillons avant leur homogénéisation. Les photographies fournissent un enregistrement des caractéristiques externes de l'échantillon avant sa manipulation. Elles peuvent être utilisées pour souligner un trait important, une particularité ou pour valider la description. Les carottes doivent aussi être photographiées afin de mettre en évidence les changements stratigraphiques, les artéfacts d'échantillonnage, etc. Le numéro d'échantillon doit apparaître sur chaque photo, avec un

indicateur de l'échelle. Les photos doivent être numérotées et le numéro inscrit sur le formulaire d'échantillonnage.

7.2 MESURES DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Le potentiel oxydo-réducteur (Eh) et le pH des sédiments devraient toujours être mesurés immédiatement après le prélèvement de l'échantillon (sur des sédiments non perturbés) afin de réduire les risques que les valeurs mesurées ne soient affectées par des changements dans la chimie des sédiments (Mudroch et Azcue, 1995)

Si nécessaire, le prélèvement d'un aliquot pour la mesure subséquente du CEC (capacité d'échange cationique) sera fait simultanément et conservé à 4°C pour être analysé le plus tôt possible au laboratoire (Mudroch et Azcue, 1995).

7.2.1 Mesure du Eh

L'interprétation des mesures du Eh dans les milieux aquatiques soulève plusieurs problèmes (Brassard, 1997) :

- dérangement des sédiments qui libèrent ou adsorbent des gaz (surtout O_2 et H_2S) provoquant des réactions à la jonction de l'électrode de référence (p. ex., la précipitation des sulfates);
- instabilité et faible reproductibilité des mesures dues aux faibles échanges de densités à la surface de l'électrode de platine;
- réponse différente de l'électrode de platine selon les caractéristiques du milieu (p.ex. une accumulation de dépôt de sulfate de platine sur l'électrode en milieu réducteur peut générer des potentiels négatifs).

La mesure du Eh, dont la démarche est détaillée à l'annexe D.4, doit donc être effectuée en considérant ces limitations.

7.2.2 Mesure du pH

Bien que plus fiable que la mesure du Eh, la mesure du pH dans les sédiments pose aussi certains problèmes, en raison de la complexité des interactions entre les différentes composantes des sédiments (sulfates, oxydes de fer et manganèse, carbonates et silicates).

Comme les variations de pH attendues sont faibles, allant principalement de 6,5 à 7,5 en milieux estuariens et de 6,5 à 7,3 en milieux marins (Brassard, 1997), cette mesure doit être prise avec un instrument ayant une précision de 0,01.

La démarche suggérée pour la mesure du pH est détaillée à l'annexe D.4

8 Modes de conservation des échantillons

8.1 SÉDIMENTS

8.1.1 Manutention des échantillons et transport

Les récipients et l'équipement utilisé pour la manutention des échantillons de sédiments doivent être choisis avec soin pour éviter la perte de matériel et la contamination de l'échantillon (Mudroch et Azcue,1995). Les échantillons destinés à l'analyse des métaux traces et aux essais biologiques ne doivent pas être en contact avec des surfaces métalliques. De la même façon, les échantillons destinés aux analyses organiques ne doivent pas entrer en contact avec des surfaces de plastique.

Sur le terrain, les échantillons peuvent être gardés dans des glacières. Il est préférable d'utiliser des sacs réfrigérants ou de l'eau congelée dans des bouteilles fermées de type Nalgène. La glace et l'eau de fonte ne doivent pas entrer en contact direct avec les récipients de l'échantillon. Par précaution supplémentaire, on peut mettre les récipients à l'intérieur de sacs de plastique pour les garder au sec, évitant ainsi la perte de l'étiquette et la contamination croisée des sédiments advenant le bris d'un récipient durant le transport. Si les échantillons doivent être congelés, on peut utiliser de la glace sèche sur le terrain. Le récipient des échantillons destinés à la congélation doit être rempli de manière à prévoir un espace pour l'augmentation du volume. Les échantillons destinés aux essais de toxicité ne doivent cependant pas être congelés.

Il importe également de s'assurer d'avoir recours à un transporteur fiable pour permettre l'arrivée des échantillons au laboratoire dans les délais requis pour les analyses.

8.1.2 Conservation des échantillons

Les tableaux E.1 et E.2 de l'annexe E présente les modes de conservation généralement requis lors d'une campagne d'échantillonnage. Ce tableau définit de façon générale, la quantité d'échantillon requis, le type de récipient à utiliser et les délais de conservation entre le prélèvement et l'analyse physico-chimique ou les essais biologiques. Aucun agent de préservation ne doit être ajouté aux échantillons de sédiments (Walton, 1980).

Ces modes de conservation sont intimement liés aux méthodes analytiques utilisées car la sensibilité ou les limites de quantification souhaitées peuvent servir à définir la quantité et le type d'échantillon. De plus, les méthodes d'analyse peuvent aussi influer sur le choix des récipients et sur les techniques de conservation des échantillons.

En général, les récipients de plastique, de verre ou de Téflon® sont utilisés pour l'analyse de contaminants inorganiques alors que l'utilisation de récipients de verre est prescrite pour l'analyse de contaminants organiques. De plus, l'analyse de composés volatils nécessite que le récipient utilisé soit rempli à pleine capacité. Il est primordial et essentiel de travailler de concert avec le personnel du laboratoire d'analyse pour obtenir les renseignements supplémentaires requis.

8.1.3 Nettoyage des récipients

Il est essentiel de s'assurer que les récipients (incluant les bouchons) destinés à l'échantillonnage ainsi que ceux destinés à la conservation des échantillons (s'ils ne sont pas les mêmes), ne soient pas une cause de contamination. Généralement, la préparation et le nettoyage des récipients sont effectués par le personnel du laboratoire. Il est possible de résumer les principales étapes requises pour la préparation et le nettoyage des récipients et des bouchons utilisés de la façon suivante :

- Le procédé habituel consiste à laver les récipients avec un détergent sans phosphate, en frottant toutes les surfaces et de les rincer ensuite à fond à l'eau du robinet et avec de l'eau déionisée ou distillée.
- À ce procédé s'ajoutent certaines dispositions pour les analyses de chimie inorganique. Il faut faire tremper les récipients dans une solution de 10 % d'acide nitrique puis les rincer généreusement à l'eau déionisée ou distillée.
- Quant aux analyses de chimie organique, les récipients utilisés doivent généralement être rincés à l'aide de différents solvants organiques (p. ex., acétone, hexane) avant d'être à nouveau rincés généreusement à l'eau déionisée ou distillée. Le tableau E.3 de l'annexe E donne quelques précisions supplémentaires à ce sujet.

8.1.4 Lavage du matériel d'échantillonnage

Les procédés précédemment décrits pour le lavage des récipients sont également utilisés pour la décontamination des équipements et du matériel qui entrent en contact avec l'échantillon. Le tableau E.3 de l'annexe E résume le protocole utilisé. Une méthode

alternative est proposée dans ASTM (1997). Cette méthode suggère de conditionner les récipients de plastique neufs à l'aide d'un trempage de 7 jours dans des solutions de HCl, HNO_3 et d'eau désionisée.

8.2 EAU DE POROSITÉ

8.2.1 Manutention des échantillons et transport

Les mêmes précautions de base stipulées à la section 8.1.1 sont requises pour les échantillons d'eau de porosité.

8.2.2 Conservation des échantillons

Le tableau E.4 de l'annexe E présente les modes de conservation généralement requis lors d'une campagne d'échantillonnage d'eau de porosité. Ce tableau définit de façon générale la quantité d'échantillon requis, le type de récipient à utiliser et les délais de conservation entre le prélèvement et l'analyse. Idéalement, la température de conservation sera d'environ 4 C pour un délai maximum de deux semaines sous atmosphère anoxique. Contrairement aux échantillons de sédiments, certains agents de préservation sont parfois ajoutés aux échantillons d'eau de porosité (Environnement Canada, 1994).

De plus, les récipients de plastique doivent être entreposés sous atmosphère inerte avant l'échantillonnage afin de prévenir le dégagement de l'oxygène adsorbé dans les parois.

Ces modes de conservation sont intimement liés aux méthodes analytiques utilisées car la sensibilité ou les limites de quantification souhaitées peuvent servir à définir la quantité et le type d'échantillon. De plus, les méthodes d'analyse peuvent aussi influer sur le choix des récipients et sur les techniques de conservation des échantillons tel que précédemment décrit à la section 8.1.2.

8.2.3 Nettoyage des récipients

Les mêmes procédés décrits à la section 8.1.3 sont compatibles également avec les échantillons d'eau de porosité. Le tableau E.5 de l'annexe E donne quelques précisions supplémentaires concernant les échantillons d'eau de porosité.

8.2.4 Lavage du matériel d'échantillonnage

Les procédés précédemment décrits pour le lavage des récipients sont également utilisés pour la décontamination des équipements et du matériel qui entrent en contact avec l'échantillon d'eau de porosité. Le tableau E.5 de l'annexe E résume le protocole utilisé.

Références

Adams, D. D. 1994. Sampling sediment pore water. In. CRC *Handbook of techniques for aquatic sediments sampling*. A. Mudroch et S.D. MacKnight. CRC Press, Boca Raton, FL. 210 p.

Ankley, G.T., M.K. Schubauer-Berigan et J.R. Dierkes. 1991. Predicting the toxicity of bulk sediments to aquatic organisms with aqueous test fractions: pore water versus elutriate. *Environ. Toxicol. Chem. 10(10)* : 1359-1366.

Ankley, G.T. et N. Thomas 1992. Interstitial water toxicity identification evaluation approach. In: *Sediment Classification Methods Compendium*. EPA 823-R-92-006. U.S. Environmental Protection, Washington, DC.

ASTM (American Society for Testing Materials). 1997. *Standards on Environmental Sampling*, 2nd edition. PCN 03-418097-38. West Conshohocken, Pennsylvania.

Azcue, J.M., F. Rosa, G. Lawson, K.I. Davis, J. Kania. 1995. *Remote capping of the VESPOS sampler to collect pore water in deep aquatic environments*. NWRI Contribution 52-95.

Barnes, R. O. 1973. An in situ interstitial water sampler for use in unconsolidated sediments. *Deep Sea Res. 20* : 1125-1130.

Baudo, R. 1990. Sediment sampling, mapping and data analysis. In: *Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants*. R. Baudo, J. Giesy, H. Muntau. Lewis Publishers, Ann Arbor, Mich. 405 p.

Bender, M., W. Martin et J. Hess 1987. A whole-core squeezer for interfacial pore-water sampling. *Limnol. & Oceanogr. 32* (6) : 1214-1225.

Bertolin, A., D. Rudello et P. Ugo. 1995. A new device for in-situ pore-water sampling. *Marine Chemistry, 49(2-3)* : 233-239.

Bishop, J. L., R.E. Greer, A.O. Luistro. 1970. Composition of interstitial waters of marine sediments: temperature of squeezing effect. *Science, 167* : 1245-1246.

Blatt, H. 1982. Sedimentary petrology. W.H. Freeman. San Francisco.

Blomqvist, S. 1985. Reliability of core sampling of soft bottom sediment- an in situ study. *Sedimentology, 32* :605-612.

Blomqvist, S. 1990. Sampling performance of Ekman grabs- in situ observations and design improvements. *Hydrobiologia, 206(3)* : 245-254.

Blomqvist, S. 1991. Quantitative sampling of soft-bottom sediments: problems and solutions. *Mar. Ecol. Prog. Ser. 72(3)* : 295-304

Bolliger, R., H. Brandl, P. Hohener, K. W. Hanselmann et R. Bachofen. 1992. Squeeze-water analysis for the determination of microbial metabolites in lake sediments-Comparison of methods. *Limnol. & Oceanogr. 37* (2) : 448-455.

Bottomley, E. Z. et I. L. Bayly. 1984. A sediment porewater sampler used in root and studies of the submerged macrophyte, *Myriophyllum spicatum*. *Limnol. & Oceanogr. 29* (3) : 671-673.

Bouma, A.H. 1969. *Methods for the study of sedimentary structures*. Wiley-Interscience, New York, NY, 458p.

Brassard, P. 1997. Measurement of Eh and pH in Aquatic sediments. In *Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediments*. A. Mudroch, A. Azcue, J. M., et P. Mudroch. Lewis publishers, Boca Raton, FL. 287p.

Brinkman, A. G., W. van Raaphorst et L. Lijklema. 1982. In situ sampling of interstitial water from lake sediments. *Hydrobiologia. 92* : 659-663.

Buddensiek, V., H. Engel, S. Fleischauer-Rössing, S. Olbrich et K. Wächtler. 1990. Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several Northern German Lowland Waters, I : Sampling Techniques. *Arch Hydrobiol. 119* (1) : 55-64.

Burton, G.A. 1992. Sediment collection and processing: factors affecting realism. In: *Sediment Toxicity Assessment*. G.A. Burton (ed). Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Carignan, R. 1984. Interstitial water sampling by dialysis: Methodological notes. *Limnol. & Oceanogr. 29* (3) : 667-670.

Carr, R. S. et D.S. Chapman. 1995. Comparison of methods for conducting marine and estuarine sediment porewater toxicity tests-extraction, storage, and handling techniques. *Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28(1)* : 69-77.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*, volume 1 : rapport principal. Rapport EPC-NCS62F sur le Programme national d'assainissement des lieux contaminés, Ottawa (Ontario). 90 p.

Chant, L. A. et R. J. Cornett. 1991. Smearing of gravity core profiles in soft sediments. *Limnol. & Oceanogr.* 36(7) : 1492-1498.

Compton, R.R. 1962. *A manual of field geology*. London.

Cushing, S., J. Desjardins et J.M. Filion. 1997. Parachute-assisted gravity sediment corer (Algonquin Corer). *Journal of Paleolimnology. 18(3)* : 307-311.

De Lange, G.J. 1992. Shipboard routine and pressure-filtration system for pore-water extraction from suboxic sediments. *Marine Geology. 109(1-2)* : 72-82.

Downing, J.A. (1984). Sampling the benthos of standing waters. In: *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. J.A. Downing et F.H. Rigler. Blackwell Scientific Publications, London, England. 501p.

Environnement Canada. 1985. *Sampling and Analysis in the Arctic Marine Benthic Environment*, Volume 1 : Review of Methods. Service de la Protection de l'environnement, Yellowknife, N.W.T., 511 p.

Environnement Canada. 1994. *Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiments en vue de leur caractérisation physico-chimique et d'essais biologiques*. Rapport SPE 1/RM/29. 128 p.

Environnement Canada. 1995. *Guide de sécurité pour les inspecteurs*. N° catalogue En 40-500/1995f. 226 p.

Flannagan, J. F. 1970. Efficiencies of various grabs et cores in sampling freshwater benthos. *J. Fish. Res. Bd Can. 27* (10) : 1691-1700.

Folk , R.L., P.B. Andrews et D.W. Lewis. 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *N.Z.J. Geol. Geophys. 13* : 937-968.

Fuller, J.A. et E. P. Meisburger. 1982. *A lightweigth pneumatic coring device: design and field test*. Miscellaneous report No. 82-8. US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. Fort Belvoir. VA,

Garde côtière canadienne. 2000. *Norme de diffusion du Système mondial de localisation différentiel (DGPS) de la Garde côtière canadienne pour la navigation maritime*. Http://www.ccg-gcc.gc.ca/dgps/principale.htm

Giesy, J. P. et R. A. Hoke. 1990. Freshwater sediment quality criteria: toxicity bioassessment. In : *Sediments: chemistry and toxicity of in-place pollutants*. R. Baudo, J. Giesy et F. Muntau. Lewis Publishers, Inc,. Chelsea, MI, pp 265-348.

Goodman, K. S. 1979. An apparatus for sampling interstitial water throughout tidal cycles. *Hydrobiol. Bull. 13* (30) : 225-232.

Grigg, N.J., I. T. Webster et P. W. Ford. 1999. Pore-water convection induced by peeper emplacement in saline sediment. *Limnol. & Oceanogr. 44* (2) : 425-430.

Håkanson, L. 1986. Modifications of the Ekman Sampler. *Int. Revue ges. Hydrobiol. 71* : 719-721.

Herkorn-Obst, U., H. Wendeler, T. Feuerstein et W.A. Schmitz. 1982. A device for sampling interstitial water out of river and lake beds. *Environ. Technol. Lett. 3* : 263-267.

Hesslein, R. H. 1976. An in situ sampler for close interval pore water studies. *Limnol. & Oceanogr.* 21 : 912-914.

Höpner, T. 1981. Design and use of a diffusion sampler for interstitial water from fine grained sediments. *Environ. Technol. Lett. 2* : 187-189.

Howes, B. L., J. W. H. Daecey et S. G. Wakeham. 1985. Effects of sampling technique on measurements of pore water constituents in salt marsh. *Limnol. & Oceanogr. 30* : 1461-1466.

Hursthouse, A. S., P.P. Iqbal et R. Denman. 1993. Sampling interstitial waters from intertidal sediments: An inexpensive device to overcome an expensive problem? *The Analyst. 118(11)* : 1461-1462.

Hvorslev, M.J. 1949. *Subsurface exploration and sampling of soil for civil engineering purposes*. US Corps of Engineers. Waterways Experimental Station. Technical reports.

Jahnke, R. A. 1988. A simple, reliable, and inexpensive pore-water sampler. *Limnol. & Oceanogr. 33* (3) : 483-487.

Kalil, E. K. et M. Goldhaber. 1973. A sediment squeezer for removal of pore waters without air contact. *J. Sed. Petrol. 43* : 553-559.

Lebel , J., N. Silverberg et B. Sundby. 1982. Gravity core shortening and pore water chemical gradients. *Deep sea research. 29* (11a) : 1365-1372.

Leonard, E. 1990. An assessment of sediment loss and distorsion at the top of short gravity cores. *Sediment Geol. 66(1-2)* : 57-63.

Livingston, D.A. 1955. A ligthweight piston corer for lake deposits. *Ecology, 36* : 139-141.

Matisoff, G, A. H. Lindsay, S. Matis et F. M. Soster. 1980. Trace metal mineral equilibria in Lake Erie sediments. *J. Great Lakes Res. 6* : 353-356.

Mawhinney, M. et C. Bisutti. 1981. *Operating manual for common corers and grab samplers available through Technical Operations.* National Water Research Institute, Environment Canada, Ontario region, Burlington.

Meisburger, E.P., S.J. Williams et D.A. Prince. 1980. An apparatus for cutting core liners. *Journal of Sedimentary Petrology. 50* (2) : 641-645.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1995. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. Cahier 5 : échantillonnage des sols*. Les éditions Le Griffon d'argile. Ste-Foy. 72 p.

Montgomery, J. R., M. T. Price, J. Holt et C. Zimmerman. 1981. A close interval sampler for collection of sediment pore waters for nutrient analyses. *Estuaries. 4* : 75-82.

Mudroch, A [scientifique, Direction générale des eaux intérieure, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario]. 1994. communication personnelle. Dans : *Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiment en vue de leur caractérisation physico-chimique et d'essais biologiques*. Environnement Canada. Rapport SPE-1/RM/29.

Mudroch, A. et S.D. MacKnight. 1994. Bottom sediment sampling. In: *CRC handbook of techniques for aquatic sediments sampling*. A. Mudroch et S.D. MacKnight. CRC Press, Boca Raton, FL. 210 p.

Mudroch, A. et J.M. Azcue. 1995. *Manual of aquatic sediment sampling*. Lewis Publishers, CRC Press Inc. 219 p.

Parker, W. R. 1991. Quality control in mud coring. *Geo-marine letters. 11(3-4)* : 132-137.

Parker, W. R. et G. C. Sills. 1990. Observation of corer penetration and sample entry during gravity coring. *Mar. Geophys. Res. 12(1-2)* : 101-107.

Petryk, G. et K. Dustin. 1993. *An improved sediment squeezer*. Project Lab. Mc Gill University.

Pickering R.J. 1965. *River Bottom Sediment Sampling With a Swedish Foil Sampler*, Selected Techniques of Water Resources Investigations. US Geological Survey, Water Supply Paper 1822. U.S. Government Printing Office, Washigton, Dc.

Powers, M.C. 1982. *Comparison chart for estimating roundness and sphericity*. AGI Data sheet 18. American Geological Institute.

Prych, E.A. et D. W. Hubbell. 1966. A sampler for coring sediments in rivers and estuaries. *Geological Society of America Bulletin*, 77 : 549-557.

Reeburgh, W. S. 1967. An improve interstitial water sampler. *Limnol. & Oceanogr. 12* : 163-170.

Rey, J. R. J. Shaffer, T. Kain, R. Stahl et R. Crossman. 1992. Sulfide variation in pore and water surface waters of artificial salt-marsh ditches and a natural tidal creek. *Estuaries. 15(3)* : 257-269

Rickly Hydrological Co. 1999. *Hydrological Instrumentation Equipement*. Catalog W97. Instruments design and developed by the Federal InterAgency Sedimentation Project. Http : //fisp.wes.army.mil

Rickly Hydrological Co. 2002. Bed-material samplers, US BMH-60 &US BM-54. http://www.rickly.com/us_bmh60_and_us_bm54.htm

Riddle, M.J. 1989. Bite profiles of some benthic grab samplers. *Estuar. Coast. Shelf Sci., 29* : 285-292.

Robbe, D. 1981. *Pollutions métalliques du milieu naturel.* Guide méthodologique de leur étude à partir de sédiments Rapport bibliographique. Ministère de l'Urbanisme et du Logement – Ministère des Transports, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris. Rapport de Recherche LPC N° 104 :83pp.

Robbins, J. A. et J. A. Gustini. 1976. A squeezer for efficient extraction of pore water from small volumes of anoxic sediment. *Limnol.& Oceanogr. 21* : 905-911.

Rochon, R. et M. Chevalier.1987. *Échantillonnage et conservation des sédiments en vue de la réalisation des projets de dragage.* Environnment Canada, Conservation et Protection, Région du Québec. 28 p.

Rosa, F. et K. Davis. 1993. *Design of the «quad clamp» apparatus for sediment squeezing.* Centre canadien des eaux intérieures, Burlington (Ontario).

Rossfelder corporation. 1999. *Underwater vibrocorer systems.* Http://www.rossfelder.com.

Saager, P.M., J.-P. Sweerts et H.J. Ellermeijer. 1990. A simple pore-water sampler for coarse sandy sediments of low porosity. *Limnol.& Oceanogr. 35* (3) : 747-751.

Sasseville, D. R., A. P. Takacs et S. A. Norton. 1974. A large-volume interstitial water sediment squeezer for lake sediments. *Limnol.& Oceanogr. 19* : 1001-1004.

Sayles, F. L., T. R. S. Wilson, D. N. Hume et P. C. Mangelsdorf. 1973. In situ sampler for marine sedimentary pore waters: evidence for potassium depletion and calcium enrichment. *Science, 181* : 154-162.

Sly, P. G. 1969. *Bottom sediment sampling.* Proc. 12 th conf. Great lakes Res., pp 883-898.

Smith J.B. et J. E. Clausner. 1993. *An inexpensive method for vibracoring sands and fine-grained sediments in shallow water.* Dredging research Technical Note DRP-2-06. US Army Corps of Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Smith, V. E. et S. G. Rood. 1994. Sediment sampling surveys. In: US Environmental Protection Agency. *Assessment and Remediation of Contaminated Sediments (ARCS) Program: Assessment guidance document.* Report EPA 905-B94-002. Chicago, Ill.: Great Lakes National Program Office.

Tetra Tech. 1987. *Recommended protocols for sampling and analyzing subtidal benthic macroinvetebrate assemblages in Puget Sound.* Prepared for the Puget Sound Estuary Program. USEPA. Region 10. Seattle. 31 p.

USACE (US Army Corps of Engineers). 1996. *Engineering and Design: Soil Sampling.* Manual No. 1110-1-1906. Department of the Army, Washington, D.C.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 1994. *Assessment and Remediation of Contaminated Sediments (ARCS) Program*: Assessment guidance document. EPA 905-B94-002. Chicago, Ill.: Great Lakes National Program Office.

USEPA-USACE. 1998. *Evaluation of dredged material proposed for discharge in waters of the United States - testing manual.* U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, and U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Walton, A. 1980. *Méthode d'échantillonnage et d'analyses des sédiments marins et des matières draguées.* Pêches et Océans Canada. 75 p.

Watson, P. G. et T. E. Frickers. 1990. A multilevel, in situ pore water sampler for use in intertidal sediments and laboratory microcosms. *Limnol. & Oceanogr. 35(6)* : 1381-1386.

Wentworth, C. K. 1992. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol. 30* : 377-392.

Winterkorn, H.F. et H. Fang. 1975. *Foundation Engineering Handbook.* Van Nostrand Reinhold, New York, NY.

Wright, H.E. 1980. Cores of soft lake sediments. *Boreas. 9* : 107-114.

Wright, H.E. 1991. Coring tips. *Journal of Paleolimnology.* 6 : 37-49.

Zimmerman, C. F., M. T. Price et J. R. Montgomery.1978. A comparison of ceramic and Téflon in situ samplers for nutrient pore water determinations. *Estuarine Coastal Mar. Sci., 7* : 93.

Autres ouvrages consultés

Allen, H.E., G. Fu et B. Deng. 1993. Analysis of Acid-volatile Sulfide (AVS) and Simultaneously Extracted Metals (SEM) for the Estimation of Potential Toxicity in Aquatic Sediments. *Environ. Toxicol. Chem. 12* : 1441-1453.

Anima, R. J. 1981. A diver operated reverse corer to collect samples of unconsolidated coarse sand. *J. Sediment. Petrol. 51* (2) : 653-657.

Ankley, G.T., A. Katko et J.W. Arthur. 1990. Identification of ammonia as an important sediment-associated toxicant in the lower Fox River and Green Bay, Wisconsin. *Environ. Toxicol. Chem. 9(3)* : 313-322.

Ankley, G.T., N.A. Thomas, D.M. Di Toro, D.J. Hansen, J. D. Mahony, W. J. Berry, R.C. Swartz, R.A. Hoke, A.W. Garrison, H.E. Allen. 1994. Assessing potential bioavailability of metals in sediments: a proposed approach. *Environ. Manag. 18* (3) : 331-338.

Baudo, R., J. Giesy et H. Muntau. 1990. *Sediments: chemistry and toxicity of in-place pollutants*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI. 405 p.

Baxter, M. S., J. G. Farmer, I. G. McKinley, D. S. Swan et W. Jack. 1981. Evidence of the unsuitability of gravity coring for collecting sediment in pollution and sedimentation rate studies. *American chemical society. 15* (7) :843-846.

Blomqvist, S. et K. Bostrom. 1987. Improved sampling of soft bottom sediments by combined box and piston coring. *Sedimentology. 34* : 715-719.

Brinkhurst, R. O. 1974. *The benthos of lakes*. The Macmillan press Ltd., 190 p.

Bruner, A. K. et S. W. Fisher. 1993. The effects of temperature, pH, and sediment on the fate and toxicity of 1- Naphthol to the midge larvae *Chironomus riparius*. *J. Environ. Sci. Health, A28* (6) : 1341-1360.

Bufflap, S. E. et H.E. Allen. 1995. Sediment pore water collection methods for trace metal analysis: A review. *Wat. Res.* 29 (1) : 165-177.

Burgess, R.M. et K.J. Scott. 1992. The significance of in place contaminated marine sediments on the water column: processes and effects. In: *Sediment Toxicity Assessment*. G.A. Burton. Lewis Publications, Boca Raton, FL.

Burton, G.A. 1991. Assessing the toxicity of freshwater sediments. *Environ. Toxicol. Chem. 10(12)*: 1585-1627.

Burton, G.A. 1992. *Sediment toxicity assessment*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 457 pp.

Burton, G.A. et K.J. Scott. 1992. Sediment toxicity evaluations: their niche in ecological assessments. *Environ. Sci.& Technol. 26(11)* :2068-2075.

Burton, G. A. et C. G. Inglesoll.1994. *Evaluation of sediment toxicity*. In US Environmental Protection Agency. 1994. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments (ARCS) Program: Assessment guidance document. EPA 905-B94-002. Chicago, Ill.: Great Lakes National Program Office.

Carignan, R., S. Saint-Pierre et R. Gächter. 1994. High-resolution pore-water sampling with a gel sampler. *Limnol. & Oceanogr. 38* (8) : 1967-1972.

Carignan, R. (1994). Use of a diffusion samplers in oligotrophic lake sediments: Effects of free oxygen in sampler material. *Limnol.& Oceanogr. 39* (2) : 468-474.

Carlson, A. R., G. L. Phipps et V. R. Mattson. 1991. The role of acid-volatile sulfide in determining cadmium bioavailability and toxicity in freshwater sediments. *Environ. Toxicol. Chem. 10* : 1309-1349.

Centre Saint-Laurent. 1992. *Guide méthodologique pour la caractérisation des sédiments*. Conservation et Protection, Environnement Canada-Centre Saint-Laurent et ministère del'Environnement du Québec, Longueuil (Québec). 144 p.

Chapman, P. M., R. N. Dexter, R. D. Kathman et G. A. Erickson. 1984. *Survey of biological effects of toxicants upon Puget Sound* biota. NOAA technical memorandum NOS OMA 9.

Cooper, C. M., F. R. Schiebe et J. C. Ritchie. 1991. An inexpensive sampler for obtaining bulk sediment cores. *Environ. Geol. Water sci, 18* (2) : 115-117.

Crusius, J. et R. F. Anderson. 1991. Core compression and surficial loss of lake sediments of high porosity caused by gravity coring. Limnol. & Oceanogr. 36(5) : 1021-1030.

Cushing, E.J. et W.E. Wright. 1965. Hand operated piston corers for lake sediments. *Ecology. 46 (*3) : 380-384.

Davison, W. et H. Zhang. 1994. In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature, 367*: 546-548.

Davison, W., H. Zhang et G.W. Grime. 1994. Performance characteristics of gel probes used for measuring the chemistry of pore water. *Environ. Sci. Technol. 28* (9) : 1623-1632.

Di Toro, D. M., J. D. Mahony, D. J. Hansen, K. J. Scott, M. B. Hicks, S. M. Mayr et M. S. Redmond. 1990. Toxicity of cadmium in sediments: the role of acid volatile sulfide. *Environ. Toxicol. Chem. 9(12)* : 1487-1502.

Di Toro, D. M., J. D. Mahony, D. J. Hansen, K. J. Scott, A. R. Carlson et G. T. Ankley. 1992. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environ. Sci. Technol. 26* : 96-101.

Edenborn, H. M., A. Mucci, N. Belzile, J. Lebel, N. Silverberg et B. Sundby. 1986. A glove box for the fine-scale subsampling of sediment box cores. *Sedimentology. 33* : 147-150.

Emery, K. O. et J. Hulsemann. 1964. Shortening of sediment cores collected in open barrel gravity corers. *Sedimentology. 3*: 144-154.

Environnement Canada. 1992. *Méthode d'essai biologique : essai de toxicité sur la bactérie luminescente* Photobacterium phosphoreum. Rapport SPE 1/RM/24, 67 p.

Evans, H. E. et D. C. Lasenby. 1984. A comparison of lead and zinc sediment profiles from cores taken by diver and a gravity corer. *Hydrobiologia. 108* :165-169.

Evans, H. E., D. C. Lasenby et P. J. Dillon. 1986. The effect of core compression on the measurement of zinc concentrations and anthropogenic burdens in lake sediments. *Hydrobiologia. 132* : 185-192.

Frithsen, J. B., D. T. Rudnick et R. Elmgren. 1983. A new, flow-through corer for the quantitative sampling of surface sediments. *Hydrobiologia. 99* : 75-79.

Fuller C. M. et C. A. Butman. 1988. A simple technique for fine-scale, vertical sectioning of fresh sediment cores. *J. Sed. Petrol. 58* : 763-768.

Gale, F. W. 1981. A floatable, benthic corer for use with SCUBA. *Hydrobiologia. 77* : 273-275.

Gallardo, V. A. 1965. Observations on the biting profiles of three 0.1 m^2 bottom-samplers. *Ophelia. 2* (2) : 319-322.

Ho, K. T. et J. G. Quinn. 1993. Physical and chemical parameters of sediment extraction and fractionation that influence toxicity, as evaluated by microtox. *Environ. Toxicol. Chem. 12(4)* : 615-625.

Hongve, G et A. Erlandsen. 1979. Shortening of surface sediment cores during sampling. *Hydrobiologia. 65* : 283-287

Howmiller, R.P. 1971. A comparison of the effectiveness of Ekman and Ponar grabs. *Trans. Am. Fish. Soc. 100* : 560-564.

Jackson, L. J., J. Kalff et J. B. Rasmussen. 1993. Sediment pH and redox potential affect the bioavailability of Al, Cu, Fe, Mn, and Zn to rooted aquatic macrophytes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50* : 143-148.

Jones, A. R. et C. Watson-Russel. 1984. A multiple coring system for use with scuba. *Hydrobiologia. 109* : 211-214.

Kemmabon, A. et U. Cortis. 1969. A new «sphincter» corer with a recoilless piston. *Mar. Geol. 7* : 147-159.

Kermabon, A., P. Blavier, V. Cortis et H. Delauze. 1966. The «sphincter» corer: a wide-diameter corer with watertight core-catcher. *Mar. Geol. 4* : 149-162.

Kramer, C. J. et W.C. de Kock 1989. *Guidelines and procedures on the collection and preservation of samples from the aquatic environment*. TNO division of technology for society, R 89/392, 81 p.

Kuelhl, S. A., C. A. Nittrouer, D J. DeMaster et T. B. Curtin. 1985. A long, square-barrel gravity core for sedimentological and geographical investigation of fine-grained sediments. *Mar. Ecol. 62* : 365-370.

Mauclaire, L., P. Marmonier et J. Gibert. 1998. Sampling water and sediment in interstitial habitats: A comparison of coring and pumping techniques. *Arch Hydrobiol. 142* (1) : 111-123.

Mayer, L. M. 1979. Chemical water sampling in lakes and sediments with dialysis bags. *Limnol. & Oceanogr. 21* : 909-913.

McCoy, F. W. 1980. Photographic analysis of coring. *Mar. Geol. 38* : 263-282.

McGroddy, S. E. et J.W. Farrington. 1995. Sediment porewater partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in three cores from Boston Harbor, Massachussetts. *Environ. Sci. Technol. 29(6)* : 1542-1550.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1995. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. Cahier 1 : Généralités*. Les éditions Le Griffon d'argile. Ste-Foy. 58 p.

Moore, D. W. et T. M. Dillon. 1994. *Chronic sublethal effects of San Francisco Bay sediments on* Nereis (Neanthes) arenaceodentata*: effect of storage time on sediment toxicity*. US Army cops of engineers, San Francisco. Misc. Paper D-94-2.

Moore, D. W., T. M. Dillon et E. W. Gamble. 1995. Long-term storage of sediments: implications for sediment toxicity testing. *Environ. Pollut. 89* (2) : 147-154.

Mudie, P. J., D. J. W. Piper, K. Rideout, K. R. Robertson, C. T. Schafer, G. Vilks et I. A. Hardy. 1984. *Standard methods for collecting, describing and sampling quaternary sediments at the atlantic geoscience centre*. Bedford institute of oceanography, G.S.C. Open file 1044.

Mudroch, A., J.M. Azcue et P. Mudroch. 1997. *Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediments*. CRC press Inc., Lewis publishers, Michigan, 287 p.

Murray, J.W. et V. Grundmanis. 1980. Oxygen consumption in pelagic marine sediment. *Science, 75* : 1527.

Othoudt, R. A., J. P. Giesy, K. R. Grzyb, D.A. Verbrugge, D. A. Hoke, J. B. Drake et D. Anderson. 1991. Evaluation of the effects of storage time on the toxicity of sediments. *Chemosphere. 22* (9-10) : 801-807.

Pesch, C. E., D. J. Hansen, W. S. Boothman, W. J. Berry et J. D. Mahony. 1995. The role of acid-volatile sulfide and interstitial water metal concentrations in determining bioavailability of cadmium and nickel from contaminated sediments to the marine polychaete *Neanthes arenaceodentata*. *Environ. Toxicol. Chem. 14(1)* : 129-141.

Plocki, W. et T. Radziejewska. 1980. A new meiofauna corer and its efficiency. *Ophelia.* suppl. 1 : 231-233.

Presley, B.J., R.R. Brooks et H.M. Kappel. 1967. A simple squeezer for removal on interstitial water from ocean sediments. *J. Marine Res. 25* : 355-359.

Rheinallt, T., J. Orr, P. van Dijl et J. C. Ellis. 1987. Sources of variation associated with the sampling of marine sediments for metals. In : *Developments in estuarine and coastal study techniques*. McMnus, J. et M. Elliot. Olsen and Olsen.

Rutledge, P. A. et J. W. Fleeger. 1988. Laboratory studies on core sampling with application to subtidal meiobenthos collection. *Limnol.& Oceanogr. 33* (2) : 274-280.

Sasson-Brickson, G. et G.A. Burton. 1991. In situ and laboratory sediment toxicity testing with *Ceriodaphnia dubia*. *Environ. Toxicol. Chem. 10(2)* : 201-207.

Schuytema, G.S., A.V. Nebeker, W.L. Griffis et C.E. Miller. 1989. Effects of freezing on toxicity of sediments contaminated with DDT and Endrin. *Environ. Toxicol. Chem. 8* : 883-891.

Shelton, L.R.et P.D. Capel. 1994. *Guidelines for collecting and processing samples of stream bed sediments for analysis of trace elements and organic contaminants for the National Water Quality Assessment Program.* US geological Survey. Open File Report 94-458.

Skalski, J. T., R. Fisher et G. A. Burton. 1990. An in situ interstitial water toxicity test chamber. *Abstr. Annu. Meet. Soc. Environ. Toxicol. Chem.* P058, Arlington, VA, p. 32.

US Department of Interior. 1974. *Earth Manual*, A Water Resources Technical Publication, 2nd ed., Government Priniting Office, Washigton, DC, pp. 361-383.

USEPA (US Environmental Protection Agency). 1991. *Evaluation of Dredged Material Proposed for Ocean Disposal : Testing Manual*. Report EPA-503/8-91/001, Office of Water, Vicksburg, MS.

USEPA. 1992. *Sediment Classification Methods Compendium, Chapter 2 : Quality Assurance/Quality Control, Sampling, and Analytical Considerations*. Report EPA 823-R-92-006, Office of Water, Vicksburg, MS.

USEPA. 1992. *Synthesis of Methods to Predict Bioaccumulation of Sediment Pollutants*. ERL-N, Contribution No. N232, Newport, Oregon, USA.

USEPA. 1993. *28-day Bioaccumulation Test Using Macoma sp.* EPA Guidance Manual : Bedded Sediment Bioaccumulation Tests, Report EPA/600/R-93/183.

Weiver, P. P. E. et P. J. Schultheiss. 1983. Detection of repenetration and sediment disturbance in open-barrel gravity cores. *J. sed. Petrol. 53* (2) : 649-678.

Whittington, G., K. J. Edwards et P. R. Cundill. 1991. Late-and post-glacial vegetational change al Black Loch, Fife, eastern Scoland – a multiple core approach. *New Phytol. 118* : 147-166.

Williams, J. D. H. et A. E. Pashley. 1979. Lightweight corer designed for sampling very soft sediments. *J. Fish. Res. Bd Can. 36* (3) : 241-247.

Wisconsin Department of Natural Resources. 1998. *Sediment sampling guidelines.* Version IV, Intranet Edition.

Wright, H.E. 1967. A square drive piston sampler for lake sediments. *J. Sed. Petrol. 37* : 975-976.

Annexe A Les carottiers

A.1 PARAMÈTRES DE FORME DES CAROTTIERS

Angle de coupe

L'angle de coupe de la tête de carottage, ou du tube interne si aucune tête n'est utilisée, devrait être inférieur à 10°, l'angle optimum étant de 5° (figure A.1). Un angle de 2° sera efficace mais l'arête de la tête sera facilement endommagée. L'angle de coupe devra être diminué si le rapport de surface (voir plus loin) est supérieur à 5 % (USACE, 1996).

Diamètre du carottier

L'augmentation du diamètre permet de diminuer la friction interne et l'importance relative de l'entraînement des sédiments périphériques diminue en fonction du volume échantillonné (Blomqvist, 1985). À partir d'un diamètre supérieur à 8 cm, l'importance de la réduction de la carotte causée par la friction diminue de façon asymptotique. Si le diamètre est plus petit, elle augmente de manière linéaire et même exponentielle (figure A.2). Par ailleurs, la nature des sédiments, la vitesse et la manière de pénétration vont aussi influencer le degré de réduction de la carotte. Compte tenu de l'importance relative de ces facteurs, le degré de réduction n'est pas linéaire et varie même à l'intérieur d'une même carotte de telle sorte que la correction/normalisation des profils est impossible. Le diamètre (interne) minimum du carottier devra être de 5 cm (ASTM, 1997), mais il semble qu'un diamètre de 10 cm soit un bon compromis (ASTM, 1997). Un carottier de 15 cm a fourni de meilleures performances (Blomqvist, 1985; Parker et Sills, 1990).

Rapport de surface

Le rapport de surface (C_a) est probablement le facteur le plus important (Hvorslev, 1949) affectant le degré de perturbation de l'échantillon (figure A.3). Ce rapport permet d'évaluer l'importance du volume de sédiments déplacé par rapport au volume échantillonné. Le rapport de surface est donné par la formule suivante :

$$C_a = \frac{\left(D_w^2 - D_c^2\right)}{D_c^2}$$

$$C_a < 0{,}10 \text{ à } 0{,}15$$

Un rapport de surface plus grand peut être utilisé si l'angle de coupe de la tête de carottage est diminué.

Rapport de friction interne

La friction des sédiments sur la paroi interne du carottier peut être diminuée en augmentant le diamètre interne de l'enveloppe par rapport au diamètre interne de la tête de carottage. L'expansion permet aux sédiments de glisser plus facilement. Le rapport de friction interne est donné par la formule suivante :

$$C_i = \frac{D_s - D_c}{D_c}$$

Un rapport de 0 à 0,01 peut être utilisé pour les carottes courtes (< 0,5 m), un rapport de 0,005 à 0,03 pour les carottes de longueur moyenne (6 à 8 fois le diamètre) et un plus grand rapport pour les plus grandes carottes. Dans la majorité des cas et pour des carottes de longueur moyenne (6 à 8 fois le diamètre), le rapport devrait être de 0,0075 à 0,015 et pourrait être applicable à des carottes jusqu'à 2 m et plus (ASTM, 1997).

Si le tube est équipé d'un distributeur interne d'enveloppe souple (figure A.3), tel que le « Swedish foil sampler » et le « Delft stocking sampler » (USACE, 1996), la friction interne est réduite si bien qu'un rapport de surface plus petit peut être utilisé (Ca < 0,005). L'utilisation d'une enveloppe souple est aussi applicable à d'autres techniques de carottage.

La diminution de la récupération peut être décrite par le rapport de récupération ($r = L/l$) où L est la profondeur de pénétration du carottier et l la longueur de la carotte (sans la perte de sédiments lors de la récupération). Ce rapport devrait être mesuré pour chaque carotte lors de l'échantillonnage.

Il est important de comprendre que la réduction de la pénétration correspond à un échantillonnage déficient de certaines strates ou de certains niveaux (Blomqvist, 1985, 1990; Lebel *et al*, 1982) et non à une compaction des sédiments (figure A.2). La mécanique de l'effet de la friction interne est complexe (figure A.2) et varie selon le diamètre du carottier (Blomqvist, 1985), la vitesse de pénétration (figure A.2) et la nature des sédiments. La

réduction de la carotte est plus importante pour un dépôt limono-argileux (Leonard, 1990) que pour des sédiments organiques à forte porosité (Blomqvist, 1991), mais peut varier d'un site à l'autre (Leonard, 1990). Par ailleurs, la stratification des sédiments par des horizons de nature et de compacité différente va aussi entraîner une réduction de la pénétration qui variera durant la pénétration du carottier (Blomqvist, 1990; Hvorslev, 1949; Hongve et Erlandsen, 1979).

La vitesse de pénétration est un autre élément qui favorise la réduction de pénétration lorsqu'elle est élevée. En fait, il est fortement recommandé de laisser le carottier pénétrer par son propre poids (Blomqvist, 1990). L'utilisation de lests supplémentaires permettra de compenser, jusqu'à un certain point, le manque de pénétration et l'utilisation d'un piston permettra d'améliorer la pénétration (USACE, 1996; ASTM, 1997). Certains carottiers ont été modifiés afin qu'ils puissent pénétrer plus profondément par la percussion d'un lest mobile. Si nécessaire, la vitesse de pénétration devra être contrôlée et inférieure à 1 m/sec et, dans le cas d'une chute libre, la hauteur devra idéalement être de 1 m ou inférieure à 3 m tout au plus. Une vitesse de pénétration de 2 cm/sec (Chant et Cornett, 1991) a même été proposée, condition réalisable seulement si l'insertion du carottier se fait manuellement.

Rapport de friction externe

La friction externe du tube de carottier va affecter principalement la pénétration. Le rapport de friction externe est donné par la formule :

$$C_o = \frac{D_w - D_t}{D_t}$$

C_o devrait être 0 pour les sédiments non cohésifs et entre 1 et 3 pour l'échantillonnage de sédiments cohésifs. La largeur excédentaire de la tête de carottage par rapport au tube du carottier va comprimer les sédiments extérieurs et faciliter la pénétration du carottier. Dans le cas de longues carottes, une chemise supplémentaire peut être ajoutée (figure A.1).

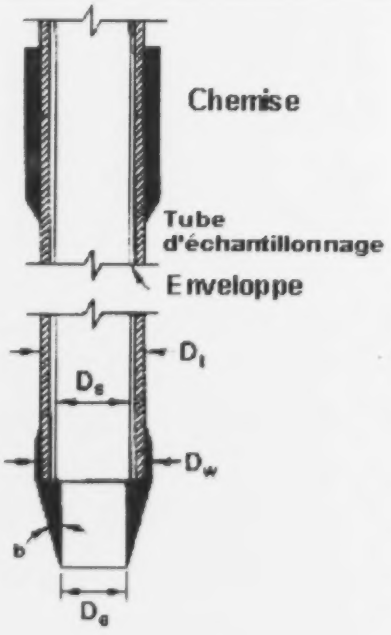
Longueur du tube de carottier

La longueur du tube de carottier sera fonction du diamètre et devra être légèrement supérieure à la plus grande longueur (épaisseur) de sédiments pouvant être récoltée sans

causer de perturbation importante (L). Le facteur de longueur du carottier (L_f) est donné par la formule :

$$L_f = \frac{L}{D_s}$$

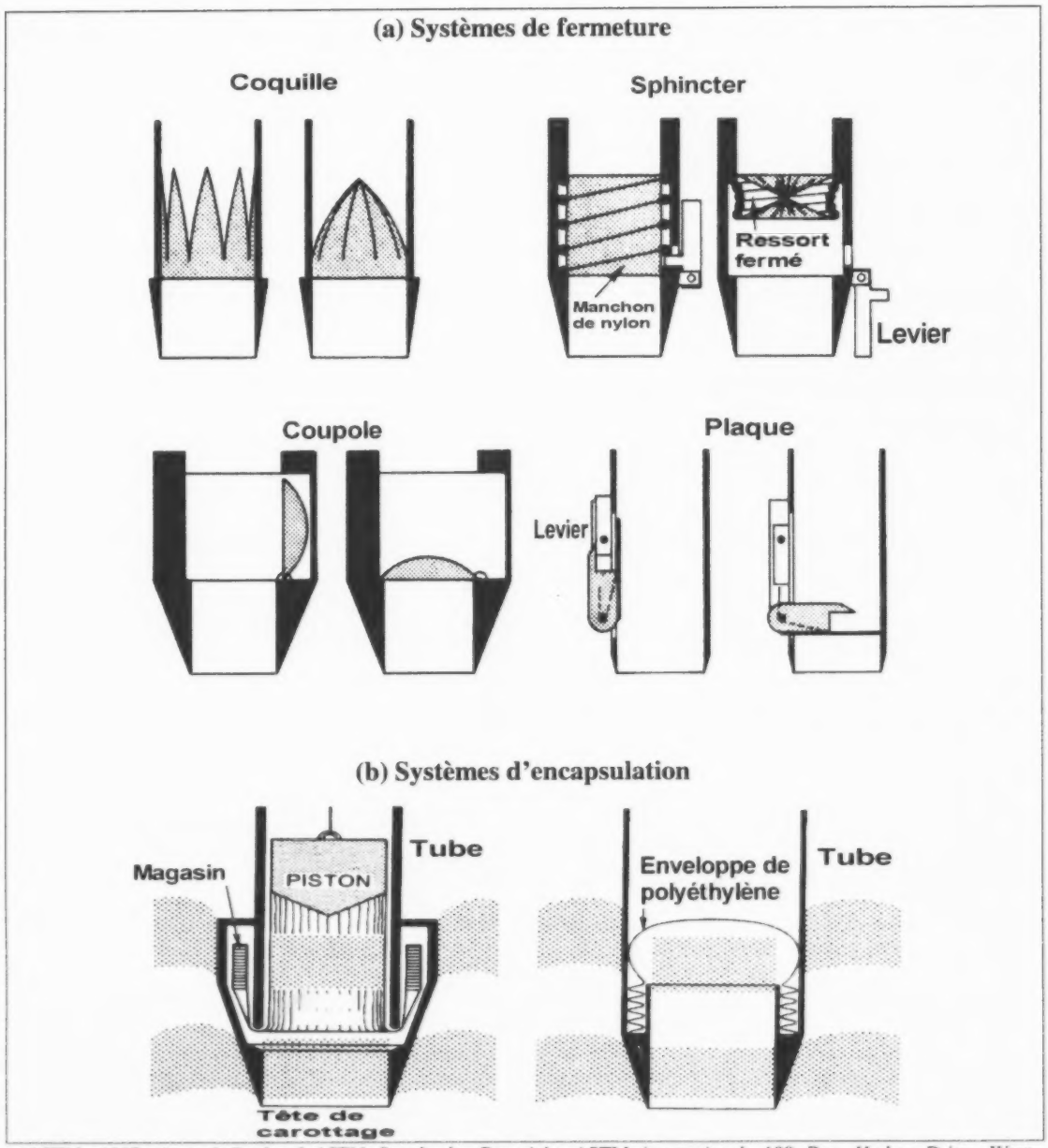
L_f devra être inférieure à 5 ou 10 pour les sédiments cohésifs et 10 à 20 pour les sédiments non cohésifs. Le diamètre du tube devra être donc sélectionné en fonction du type de sédiments. Le facteur peut être augmenté en utilisant un piston ou en augmentant la vitesse de pénétration, mais en considérant les effets perturbateurs intrinsèques à l'augmentation de la vitesse.



b	angle de coupe de la tête de carottage
De	diamètre interne de la tête de carottage
Ds	diamètre interne du tube de carottage
Dw	diamètre externe de la tête de carottage
Dt	diamètre externe du tube de carottage

(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 284, avec permission)

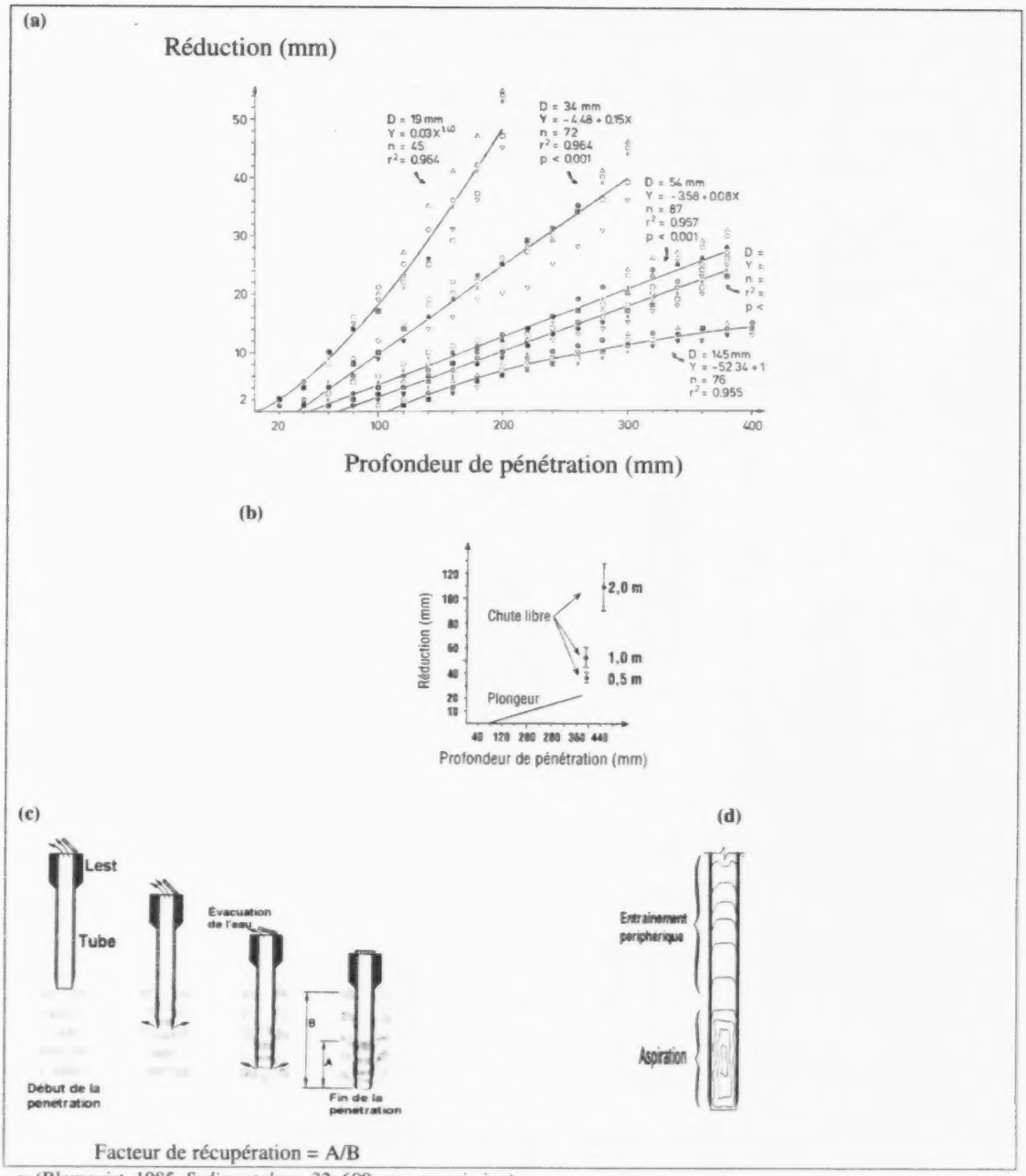
Figure A.1 Paramètres de formes importants pour les carottiers à tube ouvert et à piston



(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 283, avec permission)

Remarque.- Certains mécanismes perturbent les sédiments lors de la pénétration (coquille) alors que d'autres ne sont applicables que pour les tubes de carottage de grand diamètre (i.e. Sphincter) pour respecter les paramètres de Hvorslev).

Figure A.2 Types de mécanismes de fermeture de carottiers (a) et d'encapsulation (b) de la carotte pour réduire la friction interne.

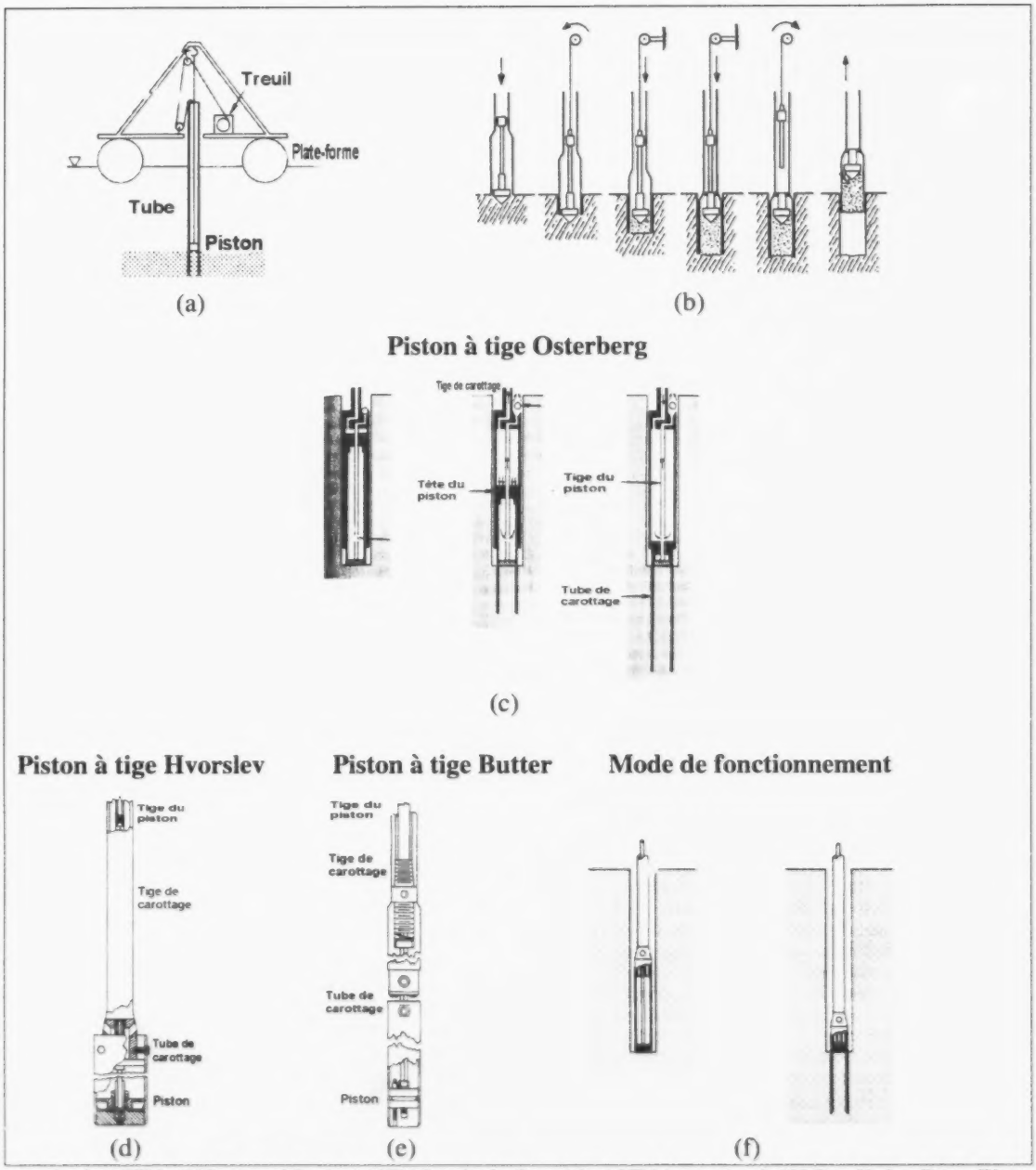


a: (Blomqvist, 1985, *Sedimentology*, 32: 609, avec permission)

c et d : (ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 283-284, avec permission)

Figure A.3 Importance de la réduction des carottes (a) en fonction du diamètre du tube de carottage (b) et de la vitesse de pénétration. Artéfacts d'échantillonnage provoqués par la friction interne du tube (entraînement) (c) et par l'aspiration d'un bouchon provoquée par un piston mal ajusté (d).

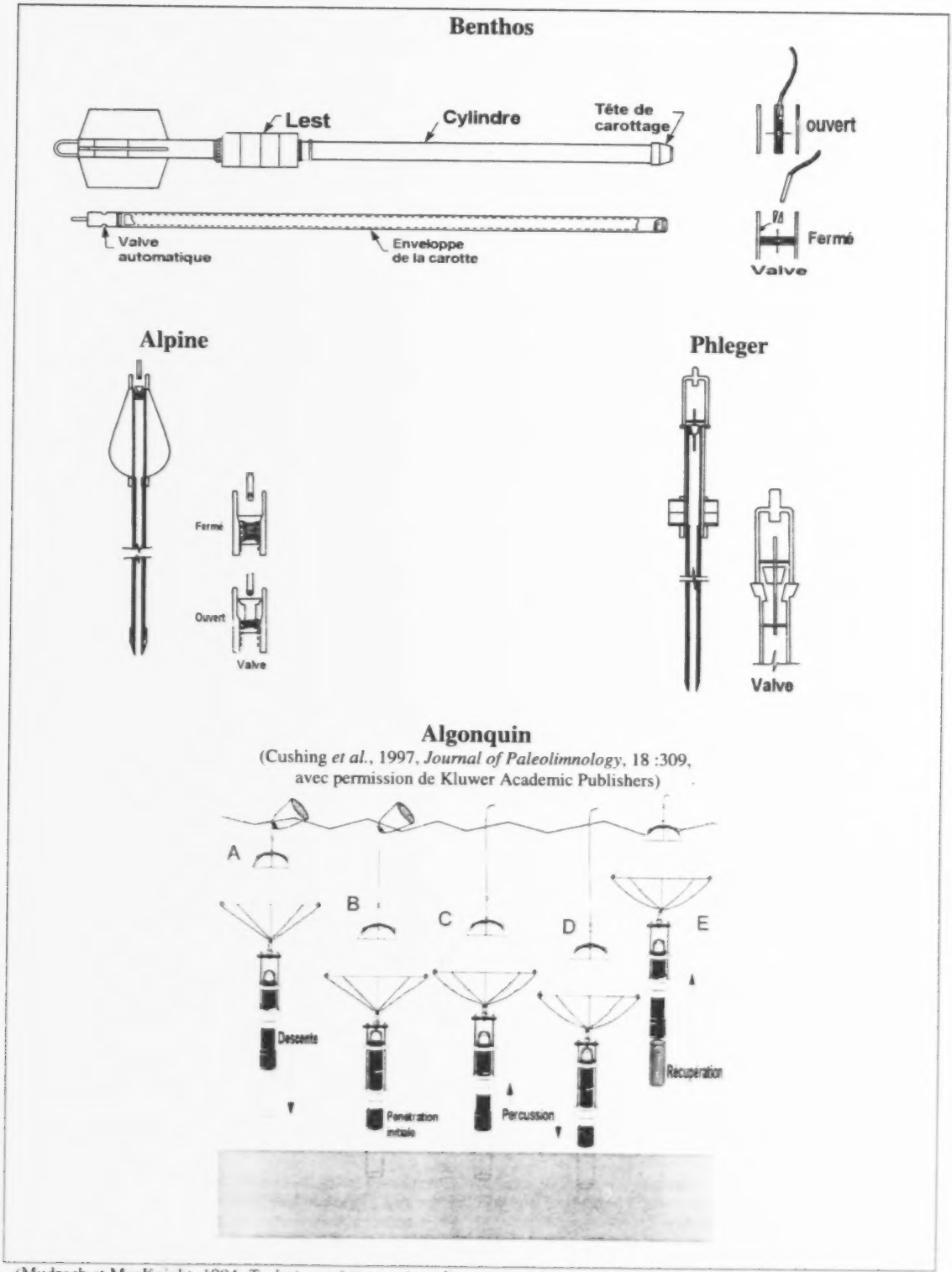
A.2 TYPE DE CAROTTIERS



a-c-d-e-f: (ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 288-289, avec permission)

b: (Robbe, 1981, *Pollutions métalliques du milieu naturel: Guide méthodologique de leur étude à partir des sédiments*, avec permission)

Figure A.4 Carottiers à piston et modes de fonctionnement général

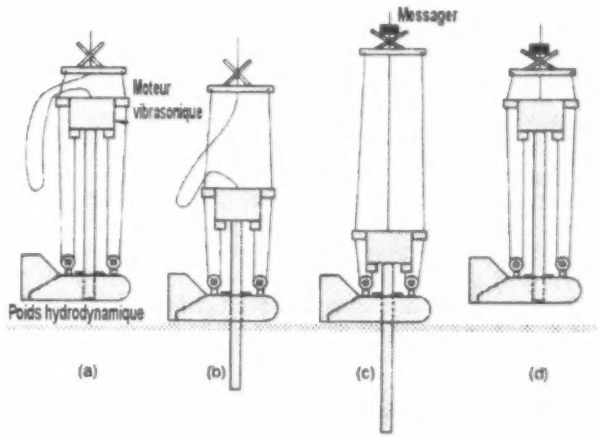


(Mudroch et MacKnight, 1994, *Techniques for aquatic sediments sampling*, p.42 et 46, avec permission)

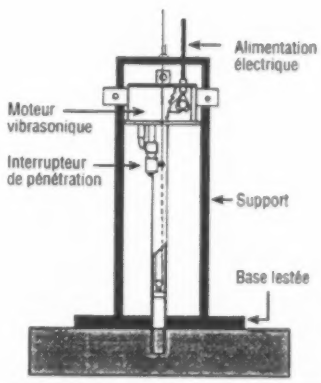
Figure A.5 Carottiers à gravité ouverts et modes de fonctionnement général

Prych-Hubbell

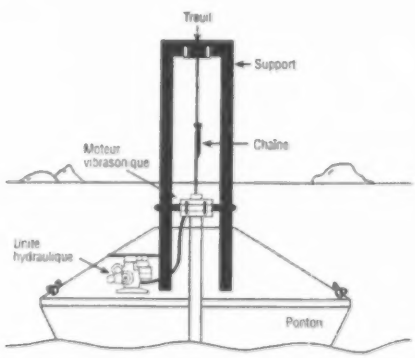
(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 290, avec permission)



Autonome (ex : Rossfelder)



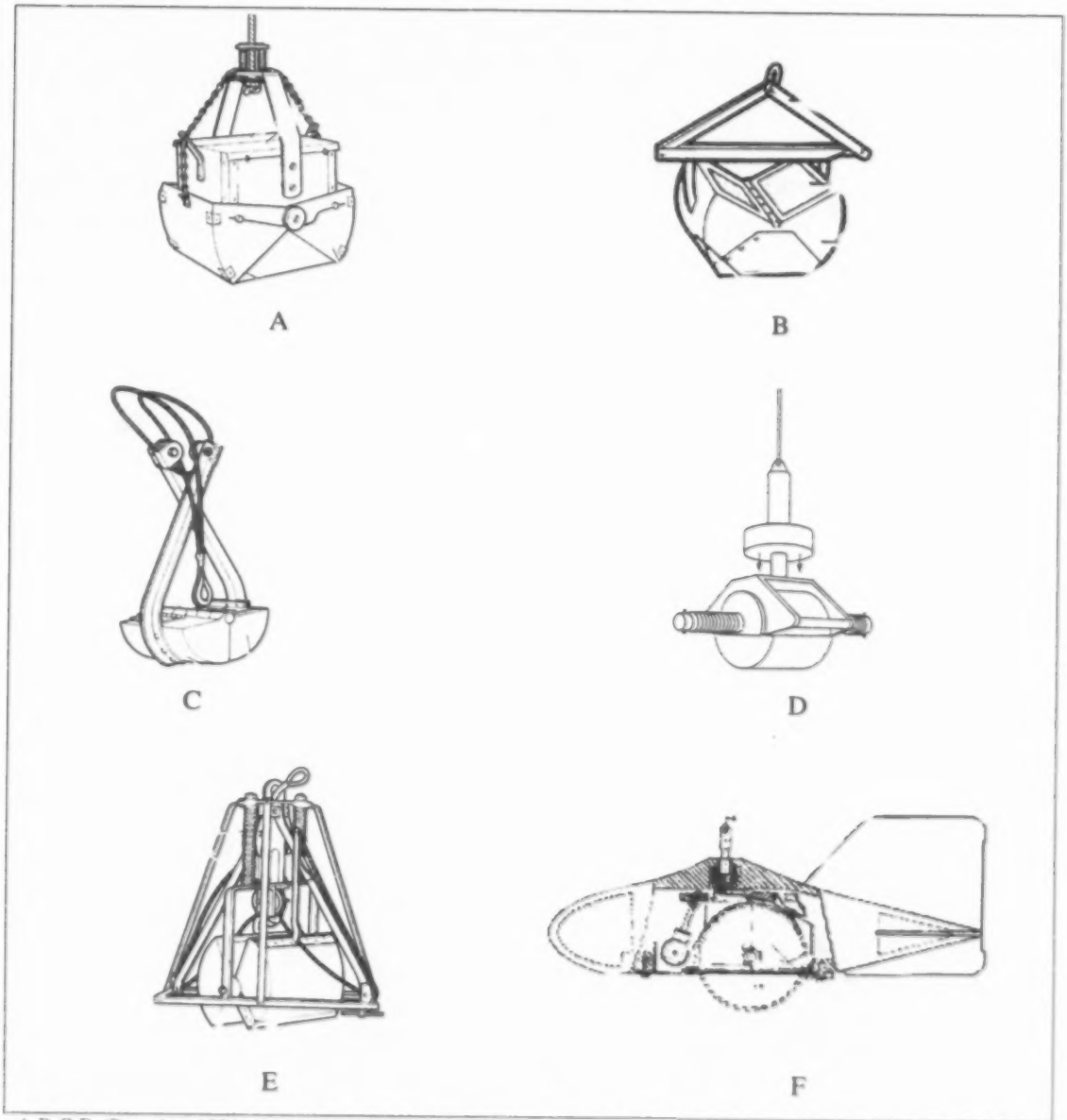
Carottier à vibration contrôlé de la surface (ex : Meta-drill)



(Modifiée de USACE, 1996)

Figure A.6 Carottiers à vibration et modes de fonctionnement général

Annexe B Les bennes



A-B-C-E: (Downing, 1984, *A manual of methods for the Assessment of Secondary productivity in Fresh Waters*, p.90 et 95, avec permission)
D: (Mudroch et Azcue, 1995, *Manual of aquatic sediment sampling*, p.58, avec permission)
F: (Rickly hydrological Co, 2002, *Bed-material samplers, US-BMH-60 &US BM-54*, avec permission)

Figure B.1 Bennes recommandées : a) Ekman, b) Ponar, c) van Veen, d) Shipek, e) Smith-McIntyre et f) US BM-54

Annexe C Procédures générales de terrain

Tableau C.1
Liste de vérification des procédures d'opération normalisées (PON)

Quelles sont les observations qu'il faut prendre en note à l'endroit du prélèvement?
L'information relative aux OQD, aux méthodes d'analyse, aux SDD, etc. a-t-elle été incluse?
Des instructions relatives à la modification des protocoles en cas de problème ont-elles été spécifiées?
A-t-on préparé une liste de tout l'équipement d'échantillonnage?
- Cette liste inclut-elle tous les dispositifs d'échantillonnage?
- Tous les récipients d'échantillonnage sont-ils mentionnés?
- La composition des récipients est-elle appropriée compte tenu des produits recherchés?
- La taille des récipients correspond-elle à la quantité d'échantillon nécessaire?
- Toutes les matières de conservation et les produits chimiques de conservation sont-ils indiqués?
- Le matériel nécessaire au nettoyage de l'équipement a-t-il été prévu?
- A-t-on inclus des étiquettes, du ruban gommé, des stylos à encre indélébile et des emballages?
- Les formulaires de chaîne de possession et les sceaux pour les échantillons sont-ils inclus?
- Des vêtements de protection contre les produits chimiques et d'autres équipements de sécurité sont-ils prévus?
Des instructions sur la manière de remplir les étiquettes des échantillons ont-elles été incluses?
- A-t-on donné des instructions pour l'étalonnage ou l'utilisation de l'équipement?
- A-t-on donné des instructions pour le nettoyage ou la manutention des récipients à échantillons?
Les instructions ont-elles été préparées pour chaque type de prélèvement?
- Le nombre et la taille des échantillons de chaque type sont-ils indiqués?
- Faut-il prévoir des durées d'échantillonnage particulières ou d'autres conditions?
- Le nombre, le type et la taille de tous les échantillons de CQ sont-il indiqués?
- Le nombre, le type et la taille des échantillons exploratoires et supplémentaires sont-ils indiqués?
- Faut-il des instructions pour préparer les échantillons composites?
- A-t-on fourni les instructions pour les préparations ou les mesures à effectuer sur le terrain?
- A-t-on fourni les instructions pour l'élimination des résidus?
A-t-on fourni des instructions pour remplir les étiquettes des échantillons?
- Le temps maximal de rétention des échantillons est-il indiqué?
Le calendrier des opérations et la chaîne de responsabilité ont-ils été établis?
A-t-on prévu des instructions pour l'emballage, le transport et l'entreposage?
A-t-on prévu des instructions relatives à la chaîne de possession?
Des plans de sécurité ont-ils été inclus?

(Modifié de CCME, 1993)

Annexe D Description des échantillons

D.1 MESURES ET OBSERVATIONS DE TERRAIN

Identification du projet
Numéro de station et identification des carottes
Date et heure d'échantillonnage, date et heure de collecte de chaque échantillon (incluant les réplicats) et de manipulation des sous-échantillons
Localisation (longitude, latitude, Datum)
Hauteur d'eau
Conditions météorologiques, vagues, courants, etc.
Type d'embarcation utilisée
Type d'échantillonneur (benne, carottier);
Caractéristiques du carottier (longueur, facteurs caractéristiques [voir plus loin])
Hauteur de chute libre (benne et carottier)
Poids total et ajouté à l'échantillonneur, utilisation de la percussion
Pénétration de l'échantillonneur, profondeur des intervalles de sous-échantillonnage
Longueur totale de la carotte, longueur des sous-échantillons
Mesures de terrain incluant selon le cas : pH, Eh, test à l'acide (carbonates), température de l'eau/des sédiments, oxygène dissous (eau), conductivité/salinité (milieu estuarien/marin)
Description des sédiments : - nature des sédiments (tableau D.1) - texture des sédiments (tableaux D.2, D.3) - structure des sédiments (tableau D.4) - présence/absence de carbonates (tableau D.5) - odeur - couleur (charte de Munsell) - présence/absence d'invertébrés, de débris
Orientation des carottes durant l'entreposage (verticale, horizontale)
Température d'entreposage
Noms des membres de l'équipe de terrain
Nom de la personne en charge de la description, du sous-échantillonnage

D.2 FORMULAIRE DE RENSEIGNEMENTS — DONNÉES EXIGÉES SUR LES PRÉLÈVEMENTS DE SÉDIMENTS

(Remplir un formulaire par station d'échantillonnage)

Date et heure :

Identification et emplacement de la station d'échantillonnage :

Coordonnées géographiques :

Description de la station :
(y compris les points de repère, les conditions météorologiques, les vents et les courants dominants, la position dans la zone intertidale si la station ne se trouve pas dans l'étage infra-littoral, la profondeur de l'eau, etc.)

Information sur l'échantillon :

Estimation du volume et de la masse de l'échantillon :

Nombre de prises par benne ou de carottages requis pour prélever l'échantillon :

Estimation de la dérive possible entre les prélèvements :
(pour donner une idée de la superficie que cela représente, veuillez prendre en considération la profondeur, la longueur du câble d'ancrage, les vents et les courants)

Décrire l'aspect de chaque prélèvement :
- Photo de l'échantillon avec règle et étiquette d'identification
- Granulométrie : tactile, échelle de Wentworth
- Odeur (H_2S, hydrocarbures ou autres)
- Consistance : fluide, molle, compacte, consolidée, non cohésive)
- Couleur (Charte de Munsell)
- Présence de matière organique, d'organismes benthiques ou de détritus
- Apparence d'hydrocarbures (taches sur les instruments et reflets iridescents), de charbon, de cendre
- Identification de l'échantillon
- Présence de carbonates testés avec acide hydrochlorique (10 %)
- Description des strates (épaisseur, structure, couleur)

Équipement utilisé :
- Échantillonneur (p. ex. Ponar, carottier à boîte, etc.)
- Type, contenance et nombre de récipients et d'échantillons
- Autres appareils entrant en contact avec l'échantillon
- Type de bateau et nombre d'ancres, s'il y a lieu
- Autre équipement utile (p. ex. treuil, échosondeur)

Méthode d'échantillonnage :
(Veuillez décrire les méthodes d'échantillonnage utilisées, y compris la profondeur de pénétration dans les sédiments et toute précaution prise pour l'assurance et le contrôle de la qualité)

Étiquetage, entreposage et expédition des échantillons :
(Veuilles décrire les opérations d'étiquetage, d'entreposage et d'expédition ainsi que les conditions dans lesquelles elles ont eu lieu)

_____ _____

Signature Date

(Modifié de Environnement Canada, 1994)

D.3 DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS

Tableau D.1
Classification granulométrique des sédiments

Classe	Critère	Taille	Détermination
Grossiers	Blocs	600 mm +	Visible à l'œil, forme
	Pierres	250 à 600 mm	
	Cailloux	75 à 250 mm	
	Graviers	2 à 75 mm	
	Sable très grossier	1 à 2 mm	Visible à l'œil
	Sable grossier	0.5 à 1 mm	
	Sable moyen	0.25 à 0.5 mm	
	Sable fin	0,125 à 0,25 mm	
	Sable très fin	0,063 à 0,125	
Fins	Limon	< 63 m	Tactile (granuleux mais invisible à l'œil) +
	Argile	< 4 µm	Tactile (lisse, serpentin)
Organiques	Boue		Matière végétale en décomposition

(Modifié de Wentworth, 1922 et USACE, 1996)

Tableau D.2
Catégorisation par le contenu en eau

Description	Critère
Humides	Pas d'eau visible
Mouillés	Eau libre

(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 290, avec permission)

Tableau D.3
Catégorisation selon la consistance

Description	Critère
Fluides	Liquide, aucune plasticité
Très mous	Pénétration du pouce très facile, cohésifs, visqueux, non fermes
Mous	Pénétration du pouce de plus de 25 mm, cohésifs, plastiques mais fermes
Compacts	Cohésifs, fermes et cassants

(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 290, avec permission)

Tableau D.4
Critères descriptifs de la structure

Description	Critère	Commentaire
Stratifié	Couches en alternance de plus de 6 mm	Différence de composition ou de couleur
Laminé	Couches en alternance de moins de 6 mm	Différence de composition ou de couleur
Fissuré	Cassures le long de plans définis	
Lentilles	Inclusion de pochettes de matériel différent	Lentilles de sable, argile
Remanié	Allure bigarrée	Sans distinction de stratification ou de laminations
Nodulaire	Présence de nodules d'argile compacte arrondis	Les nodules peuvent être mépris pour un gravier, ils sont cassants et friables
Conduits	Ouvertures circulaires superficielles en surface (et en profondeur pour les carottes)	Évacuation des gaz biogéniques
Homogène	Apparence de couleur et de texture similaire pour l'ensemble	

(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 290, avec permission)

Tableau D.5
Critères descriptifs de la réaction à l'acide HCl

Description	Critère
Aucune	Pas de réaction visible
Faible	Faible ébullition, lente
Forte	Réaction violente, ébullition immédiate

(ASTM, 1997, *Annual Book of ASTM Standards*, Copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, p. 290, avec permission)

Tableau D.6
Fiche typique de description des carottes

Fiche de carottage

Station:_____ Localisation:_____

Carotte:_____ de_____ No.Projet:_____

Date de collecte: _____ Heure:_____ Coordonnées géographiques X: _____

Person in charge _____ Datum Y:_____

Pénétration (cm) :_____ Profondeur / élévation (fond) :_____

Longueur:_____ Reference (carte/photo):_____

Conditions météo:_____

_____

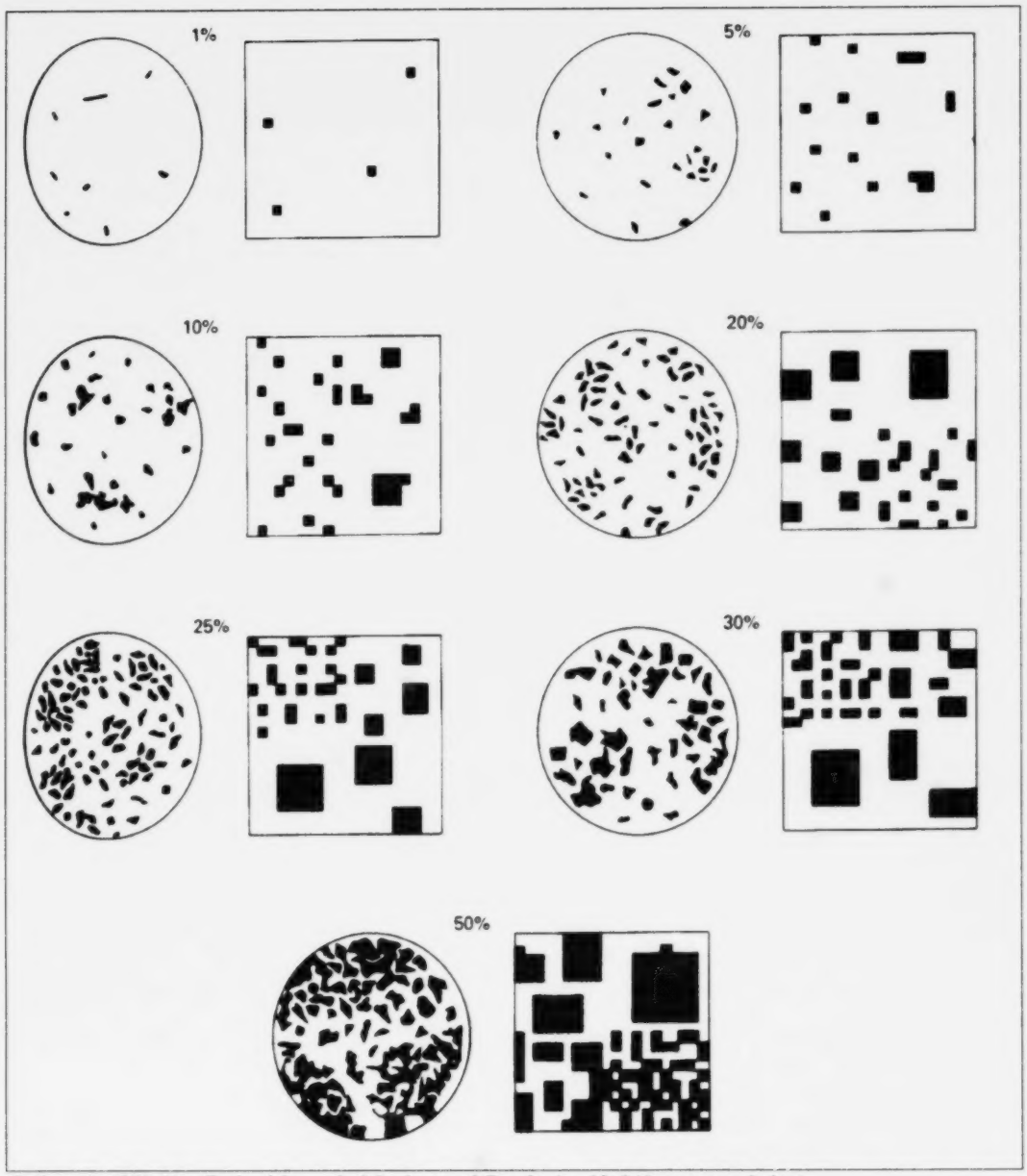
Type d'échantillonnage: Carottier manuel ☐ 10cm ☐ 12cm Autres: ☐ Vibrasonique:____/_____cm

Procédures d'échantillonnage:_____

_____

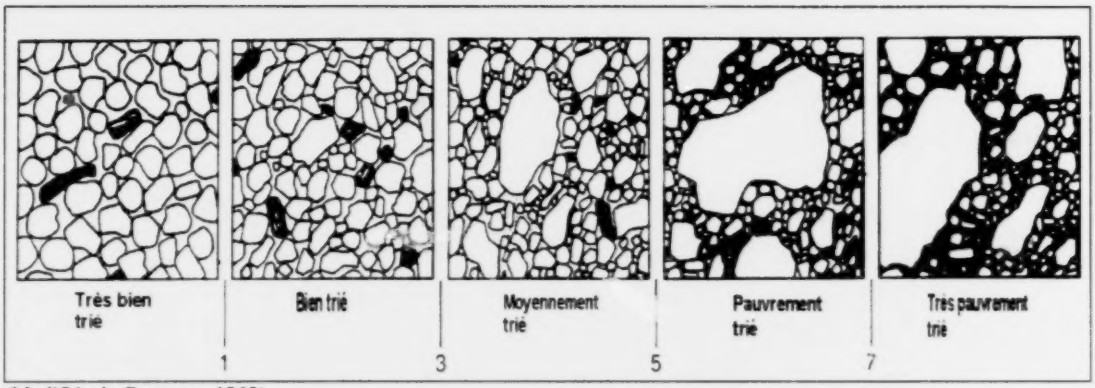
Description						Échantillon			Commentaires
Profondeur (cm)	Lithologie	Structure	Traces biogéniques Débris	Odeurs / traces de contamination	Photo (film, no.)	No.	Intervalle	Date/heure	(température, Eh/pH, volume, homogénat, test HCl, autres)

Page___de___



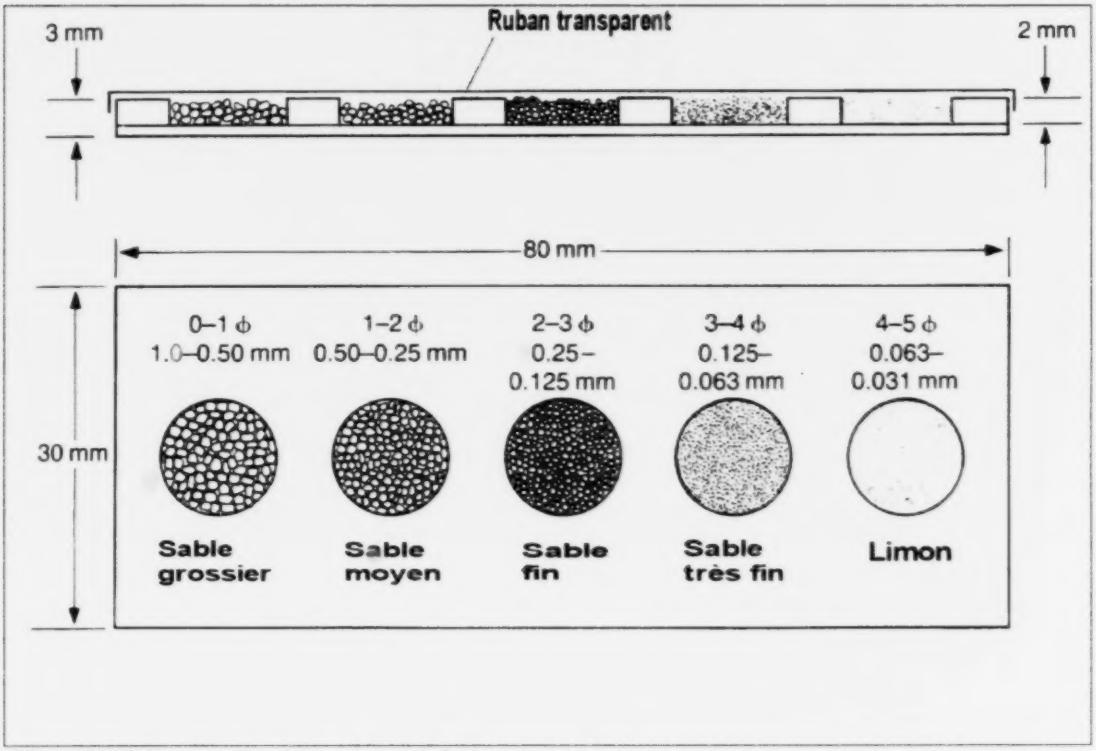
(Folk *et al.*, 1970, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 13: 946, avec permission)

Figure D.1 Chartes de comparaison des pourcentages de couverture



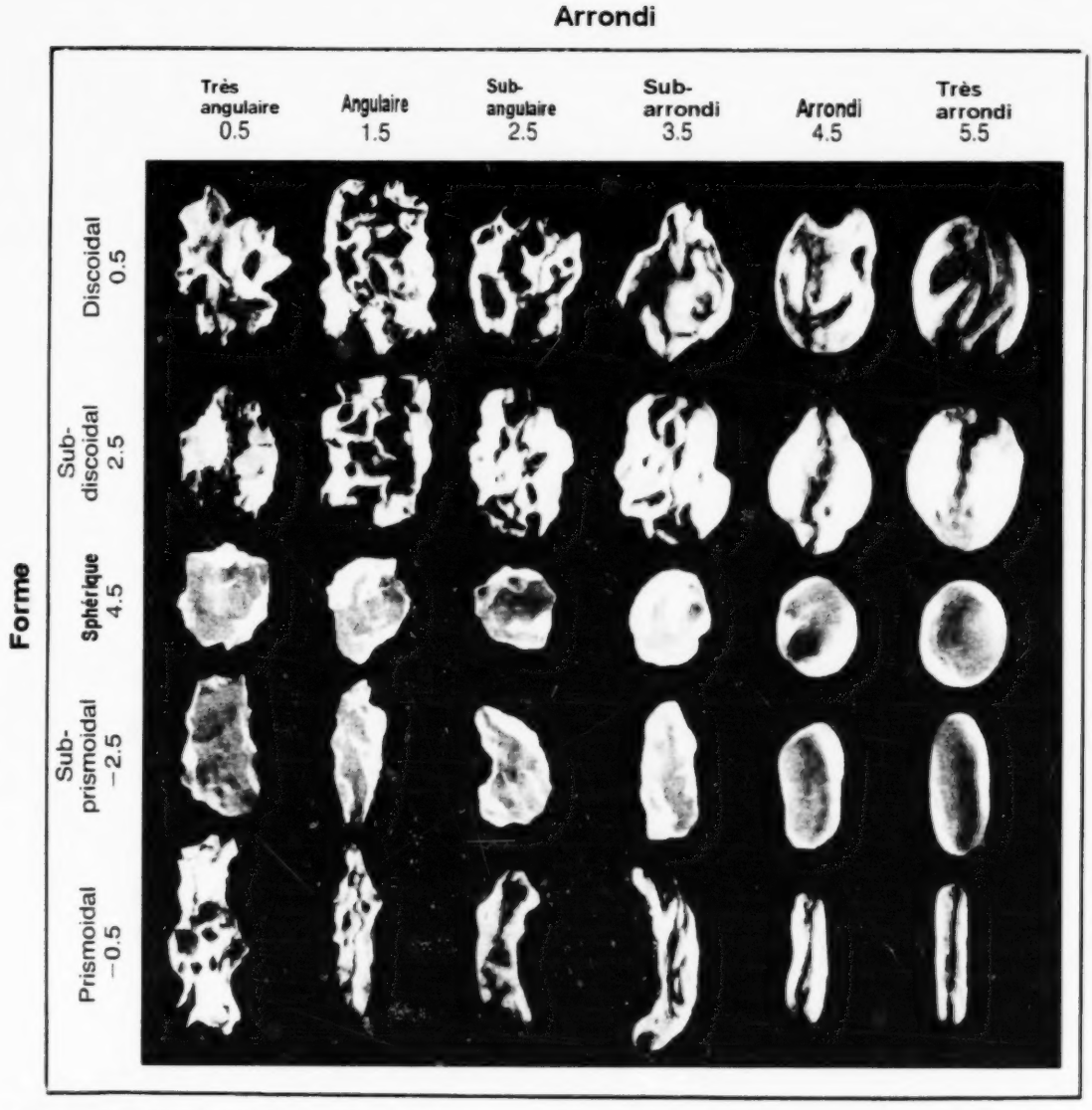
(Modifiée de Compton, 1962)

Figure D.2 Évaluation qualitative de l'indice de tri



(Blatt, 1982, *Sedimentary Petrology*, avec permission)

Figure D.3 Comparateur de la granulométrie



(Powers, 1982, *AGI Data sheet 18*, avec permission)

Figure D.4 **Forme et arrondi des particules grossières**

D.4 MESURES DU pH ET DU Eh SUR LE TERRAIN

Équipement nécessaire

- pH/Eh mètre portatif à piles (les piles devraient être rechargées si nécessaire)
- Électrodes de verre et de platine ou autres électrodes adaptées aux mesures. On doit marquer les électrodes à intervalle régulier de manière à contrôler la profondeur de pénétration dans les sédiments
- Électrodes de rechange
- Récipients pour les électrodes
- Solutions tampons 4 et 7 pour les pH
- Solution de calibrage pour l'électrode Eh, par exemple solution de Zobell (étiquetée et manutentionnée selon les règlements de sécurité sur les *cyanures*)
- Solutions nécessaires pour l'entreposage des électrodes, solution de chlorure de potassium saturée, dans une bouteille de plastique
- Autres solutions d'entretien des électrodes (selon instruction du manufacturier)
- Eau distillée, mouchoirs de papier pour le nettoyage des électrodes
- Supports, récipients pour les solutions tampons

Mesures

- Allouer un espace avec tout le matériel nécessaire pour la prise de mesures
- Les électrodes doivent être connectées, vérifiées, calibrées, lavées et préparées et acclimatées avec de l'eau de la station en eaux douces avant la récupération des sédiments. Calibrer l'électrode Eh avec la solution de Zobell et l'électrode pH avec les solutions tampons 4 et 7 (sous atmosphère d'azote)
- L'échantillon doit être stable durant les mesures
- Les électrodes doivent être insérées avec précaution dans les sédiments jusqu'à la marque (profondeur désirée), sans les déranger pour éviter une contamination par l'air, surtout pour l'électrode Eh. Il est primordial d'éviter la formation d'une poche d'air entre l'électrode Eh et les sédiments. À la position pH du pH/Eh mètre, faire la lecture à l'intérieur d'une minute après l'insertion des électrodes dans les sédiments
- Insérer l'électrode Eh dans les sédiments jusqu'à la marque (profondeur voulue) et après stabilisation du potentiel, environ dix à quinze minutes, prendre la mesure de Eh (sur l'échelle mV)
- Retirer les électrodes des sédiments, les rincer à l'eau distillée, puis les assécher avec un mouchoir de papier
- Calibrer les électrodes toutes les cinq mesures, moins fréquemment dans le cas de carottes

(Modifié de Brassard, 1997)

* À noter que la mesure de la température est un complément important puisqu'elle peut avoir un effet sur le pH.

Annexe E Conservation des échantillons

Tableau E.1
Volumes et modes de conservations suggérés pour l'analyse physico-chimique des échantillons de sédiments[a]

Paramètres	Volumes suggérés (mL)	Types de contenant (voir légende)	Délais de conservation à 4 ± 2 °C[b]
Paramètre physiques			
pH	100	P, T ou V	1 mois[c]
Capacité d'échange cationique	100	T ou V	1 mois
Humidité	100	P, T ou V	1 mois
Granulométrie	400	P, T ou V	6 mois
Solides volatils	100	P, T ou V	1 mois
Paramètres inorganiques			
Azote totale Kjeldahl	100	P, T ou V	6 mois
Phosphore total	100	P, T ou V	6 mois
Mercure total	100	P, T ou V	1 mois
Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc	100	P, T ou V	6 mois
Cyanures totaux	100	P, T ou V	6 mois
Paramètres organiques			
Carbone organique total	100	T ou V	1 mois
Byphéniles polychlorés	300	VA	14 jours
Pesticides organochlorés	300	VA	14 jours
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	300	VB	14 jours
Hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}	300	VA	14 jours
Dioxines et furannes chlorés	300	VB	14 jours
Composés phénoliques	300	VA	14 jours

* Tiré du *Guide méthodologique d'analyse physico-chimique et toxicologique des sédiments, version préliminaire d'octobre 2001, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.*

a. Aucun agent de conservation n'est requis pour les paramètres présentés dans ce tableau.

b. Pour les paramètres inorganiques et les paramètre organiques, il est possible de prolonger la conservation des échantillons destinés aux analyses chimiques en les congelant à une température de –15 °C ou moins avant l'expiration du délais recommandé. Il est alors important d'utiliser des contenants supportant la congélation pour éviter les bris.

c. Idéalement, le pH doit être mesuré sur le terrain immédiatement après la prise d'échantillon, ou le plus rapidement possible après sa réception au laboratoire

LÉGENDE	
TYPE DE CONTENANT	
P	LES BOUTEILLES ET LES REVÊTEMENTS DES BOUCHONS SONT COMPOSÉS DES PLASTIQUES SUIVANTS : POLYÉTHYLÈNE DE BASSE OU HAUTE DENSITÉ, POLYPROPYLÈNE, POLYSTYRÈNE CHLORURE DE POLYVINYLE OU TÉFLON
T	LES BOUTEILLES ET LES REVÊTEMENTS DES BOUCHONS SONT COMPOSÉS DES TYPES DE TÉFLON® SUIVANTS : POLYTÉTRAFLUOROÉTHYLÈNE (TFE), FLUOROÉTHYLÈNE-PROPYLÈNE (FEP), PERFLUOROALKOXY (PFA), CHLOROTRIFLUOROÉTHYLÈNE (CTFE), COPOLYMÈRE D'ÉTHYLÈNE AVEC DU TÉTRAFLUOROÉTHYLÈNE (ETFE) OU AVEC DU CHLOROTRIFLUOROÉTHYLÈNE (ECTFE)
V	LES BOUTEILLES SONT EN VERRE ET LES REVÊTEMENTS DES BOUCHONS SONT EN VERRE, EN PLASTIQUE OU EN TÉFLON®
VA	LES BOUTEILLES SONT EN VERRE ET LES REVÊTEMENTS DES BOUCHONS SONT EN ALUMINIUM (PAPIER D'ALUMINIUM ENTRE L'ÉCHANTILLON ET LE BOUCHON) OU EN TÉFLON®
VB	LES BOUTEILLES SONT EN VERRE AMBRÉ (OU EN VERRE CLAIR ENTOURÉ DE PAPIER D'ALUMINIUM) ET LES REVÊTEMENTS DES BOUCHONS SONT EN ALUMINIUM (PAPIER D'ALUMINIUM ENTRE L'ÉCHANTILLON ET LE BOUCHON) OU EN TÉFLON®

Tableau E.2
Volumes et modes de conservations suggérés pour les essais biologiques sur des échantillons de sédiments

Utilisation finale	Type de récipient	Masse à l'état humide ou volume d'échantillon	Conditions d'entreposage	
			Température	Durée de conservation
Sédiments destinés à des essais de toxicité et potentiellement contaminés par des métaux	Téflon® Verre Sacs ou récipients de polyéthylène haute densité	1 - 3 L*	4 ± 2 °C	≤ 6 semaines de préférence ≤ 2 sem.
Sédiments destinés à des essais de toxicité et potentiellement contaminés par des matières organiques	Verre, avec bouchon garni de polyéthylène ou d'aluminium Téflon® Acier inoxydable Sacs ou récipients de polyéthylène haute densité	1 - 3 L*	4 ± 2 °C	≤ 6 semaines. de préférence ≤ 2 semaines
Sédiments de contrôle et de référence pour les essais de toxicité	Téflon® Verre Sacs ou récipients de polyéthylène haute densité	> 15 L	4 ± 2 °C	≤ 12 mois**

(Modifié de Environnement Canada, 1994)

* À ajuster selon le type et le nombre de bioessais.

** Ces sédiments devraient être surveillés au cours de cette période pour s'assurer qu'ils demeurent acceptables malgré l'évolution éventuelle de leurs caractéristiques physico-chimiques.

Tableau E.3
Recommandations pour le traitement préalable du matériel d'échantillonnage et des récipients destinés à recevoir les échantillons de sédiments

Contaminants inorganiques

- Récurer au savon sans phosphate et à l'eau chaude
- Rincer au jet d'eau chaude sous forte pression
- Faire tremper 72 heures dans un bain acide de HNO_3 8 M (50 mL de HNO_3 par litre)
- Rincer quatre fois à l'eau chaude
- Rincer trois fois à l'eau distillée et désionisée
- Laver les bouchons de Téflon® ou garnis de Téflon® des bouteilles au savon et à l'eau chaude, puis rincer à l'eau distillée et désionisée

Contaminants organiques

- Récurer au savon sans phosphate et à l'eau chaude
- Rincer au jet d'eau chaude sous forte pression
- Si nécessaire, faire tremper 72 heures dans un bain acide de HNO_3 8 M (50 mL de HNO_3 par litre)
- Rincer quatre fois à l'eau chaude du robinet
- Rincer trois fois à l'eau distillée et désionisée
- Rincer deux fois à l'acétone* (de pureté convenant à l'analyse des pesticides)
- Rincer deux fois à l'hexane
- Faire évaporer les solvants sous une hotte
- Rincer les feuilles d'aluminium (ou les garnitures de Téflon®) deux fois à l'éther de pétrole, puis laisser sécher sous la hotte
- Laver les bouteilles au savon et à l'eau chaude, puis les rincer à l'eau distillée et désionisée
- Laver les bouteilles au savon et à l'eau chaude, puis les rincer à l'eau distillée et désionisée
- Laver les bouteilles au savon et à l'eau chaude, puis les rincer à l'eau distillée et désionisée
- Découper les garnitures d'aluminium (ou de Téflon®) avec des ciseaux lavés à l'acétone
- Découper les garnitures d'aluminium (ou de Téflon®) avec des ciseaux lavés à l'acétone
- Découper les garnitures d'aluminium (ou de Téflon®) avec des ciseaux lavés à l'acétone
- Insérer une feuille d'aluminium (ou une garniture de Téflon®) propre entre le bouchon et la bouteille

(Environnement Canada, 1994)

* On peut aussi porter les bouteilles et les bouchons résistants à la chaleur à 350 °C dans un four pour évaporer les résidus de solvant organique.

Tableau E.4
Types de récipients et conditions recommandés pour l'entreposage des échantillons d'eau de porosité

Utilisation finale	Type de récipient	Masse à l'état humide ou volume d'échantillon	Conditions d'entreposage	
			Température	Délais de conservation
Principaux ions et éléments dans l'eau de porosité Ca, Mg, Cl, Si, Fl, Na, SO_4, K, Al, Fe, acidité, alcalinité	Téflon®	40 mL	- 20 °C	≤ 6 sem.
	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®			
	Récipients de polyéthylène haute densité			
Éléments nutritifs dans l'eau de porosité : azote ammoniacal, azote nitreux, azote nitrique, carbone organique total, phosphore réactif soluble, carbone inorganique dissous, carbone organique dissous	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®	40 mL	- 20 °C	≤ 6 mois
P (total)	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®	40 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C avec 1 mL de H_2SO_4 à 30 % par 100 mL	≤ 6 sem. ≤ 2 sem.
Éléments traces (totaux) dans l'eau de porosité : Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Co, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Va, Zn	Téflon®	10 – 250 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C avec 2 mL de HNO_3 1 M par 1000 mL d'eau de porosité	≤ 6 mois
	Polyéthylène			≤ 6 sem.
Ag	Polyéthylène ambré	250 mL	4 ± 2 °C avec 1 g de Na_2-EDTA par 250 mL d'eau de porosité	≤ 6 sem.
Hg	Téflon®	100 mL	4 ± 2 °C avec 1 mL de H_2SO_4 par 100 mL d'eau de porosité	≤ 6 sem.
	Verre (Sovirel/ Wheaton)			
Contaminants organiques dans l'eau de porosité[a]	Verre ambré avec bouchon garni d'aluminium	1000 mL[b]	4 ± 2 °C, acidifié avec du H_2SO_4 ou additionné de 10 g de Na_2SO_3 par litre d'eau de porosité	14 jours.
	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®			

Tableau E.4 (suite)
Types de récipients et conditions recommandés pour l'entreposage des échantillons d'eau de porosité

Paramètres	Type de récipient	Masse à l'état humide ou volume d'échantillon	Conditions d'entreposage	
			Température	Délais de conservation
Organochlorés et BPC	Téflon®	1000 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C	≤ 6 mois
	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®			≤ 6 semaines
	Récipients de polyéthylène haute densité			
Organophosphorés	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®	1000 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C, acidifié avec du HCl jusqu'à un pH de 4,4	≤ 6 mois ≤ 6 semaines
PCP	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®	1000 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C, acidifié avec du H_2SO_4 jusqu'à un pH de < 4 ou conservé avec 0,5 g de $CuSO_4$ par litre d'eau de porosité	≤ 6 mois ≤ 6 semaines
Herbicides du type phénoxy	Téflon® Polyéthylène	1000 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C, acidifié jusqu'à un pH < 2 avec du H_2SO_4	≤ 6 mois ≤ 6 semaines.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Polyéthylène ambré	1000 mL	- 20 °C ou 4 ± 2 °C	≤ 6 mois ≤ 6 sem.
Eau de porosité ou filtrat pour les essais de toxicité	Téflon®	1 – 3 L[c]	4 ± 2 °C	≤ 72 h
	Verre (Sovirel/ Wheaton)			
	Verre ambré avec bouchon garni d'aluminium			
	Verre ambré avec bouchon garni de Téflon®			

(Modifié de Environnement Canada, 1994)

a Il est très difficile de prélever suffisamment d'eau de porosité pour les analyses des composés organiques volatils et aromatiques.

b 2 à 15 L de sédiments.

c Il est très difficile de prélever suffisamment d'eau de porosité pour les essais de toxicité ordinaires; toutefois, des quantités moindres suffiront si le plan expérimental permet l'extraction d'échantillons successifs de sédiments ou l'obtention d'échantillons composés à partir d'échantillons répétés d'une même station. On devrait se rappeler que dès que de l'eau de porosité prélevée sur place est exposée à l'oxygène (p. ex., à l'air), ses propriétés géochimiques sont modifiées (Mudroch, 1992).

d 2 à 15 L de sédiments.

Tableau E.5
Recommandations pour le traitement préalable du matériel d'échantillonnage et des récipients destinés à recevoir les échantillons d'eau de porosité

Contaminants inorganiques et métaux traces

- Récurer les bouchons et les bouteilles à l'eau chaude, au savon sans phosphate et à la brosse
- Rincer deux fois à l'eau chaude
- Rincer trois fois à l'eau distillée et déionisée
- Faire tremper 72 heures dans un bain acide de HNO_3 8 M (50 ml de HNO_3 par litre)
- Rincer trois fois à l'eau distillée et déionisée

Contaminants organiques non volatils

- Récurer au savon sans phosphate et à l'eau chaude
- Rincer au jet d'eau chaude sous forte pression
- Rincer trois fois à l'eau distillée et déionisée
- Rincer deux fois à l'acétone* (de pureté convenant à l'analyse des pesticides)
- Faire évaporer les solvants sous une hotte
- Rincer les feuilles d'aluminium (ou les garnitures de Téflon®) deux fois à l'éther de pétrole, puis laisser sécher sous la hotte
- Laver les bouteilles au savon et à l'eau chaude, puis les rincer à l'eau distillée et déionisée
- Découper les garnitures d'aluminium (ou de Téflon®) avec des ciseaux lavés à l'acétone
- Insérer une feuille d'aluminium (ou une garniture de Téflon®) propre entre le bouchon et la bouteille

Contaminants organiques volatils

- Récurer au savon sans phosphate et à l'eau chaude
- Rincer au jet d'eau chaude sous forte pression
- Rincer trois fois à l'eau distillée et déionisée
- Rincer deux fois à l'acétone** (de pureté convenant à l'analyse des pesticides)
- Rincer deux fois à l'hexane (de pureté convenant à l'analyse des pesticides)
- Faire évaporer les solvants sous une hotte***
- Laver les disques-cloisons garnis de Téflon® à l'eau savonneuse
- Rincer à fond à l'eau chaude
- Rincer quatre ou cinq fois à l'eau distillée et déionisée
- Remplacer les disques-cloisons nettoyés après chaque utilisation
- Remplacer les disques-cloisons nettoyés après chaque utilisation
- S'assurer que le côté garni de Téflon® (blanc) de chaque disque-cloison est bien au-dessous

(Environnement Canada, 1994)

* On peut aussi porter les bouteilles et les bouchons recouverts à la chaleur à 350 °C dans un four pour évaporer les résidus de solvant organique.

** Il est très difficile de prélever suffisamment d'eau de porosité pour les essais de toxicité ordinaires; toutefois, des quantités moindres suffisent si le plan expérimental permet l'extraction d'échantillons successifs de sédiments ou l'obtention d'échantillons composés à partir d'échantillons répétés d'une même station. On devrait se rappeler que dès que de l'eau de porosité prélevée sur place est exposée à l'oxygène (p.ex., à l'air), ses propriétés géochimiques sont modifiées (Mudroch, 1992).

*** Singer *et al.* (1990) ont mis au point une méthode où le filtre est intégré au tube de centrifugation et qui ne nécessite pas de boîte à gants. Cette technique a permis de récupérer 75 % de l'eau de sédiments salifères, alors que seulement 25 % à 30 % étaient récupérés par pressage.